

CÓMO REALIZAR INSPECCIONES SANITARIAS EN PEQUEÑOS SISTEMAS DE AGUA

Preparado para asistir a los participantes
en los cursos de capacitación
en inspecciones sanitarias



MANUAL DEL INSPECTOR

CÓMO REALIZAR INSPECCIONES SANITARIAS EN PEQUEÑOS SISTEMAS DE AGUA

Preparado para asistir a los participantes en los
cursos de capacitación en inspecciones sanitarias



Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
División de Salud y Ambiente
Organización Panamericana de la Salud
Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

PREFACIO

El objetivo de esta capacitación es desarrollar en los participantes la habilidad para realizar la inspección sanitaria de un pequeño sistema público de agua de manera efectiva e integral. Esta guía de aprendizaje, una vez que haya sido complementada con la capacitación en el lugar de trabajo, permitirá al personal realizar evaluaciones efectivas de pequeños sistemas de agua. El personal que reciba la capacitación y use este *Manual del inspector* y guías de campo adjuntas (para agua subterránea y superficial) debe tener un conocimiento básico de los sistemas de agua, así como experiencia en inspecciones sanitarias. Este *Manual del inspector* incluye los elementos mínimos de la inspección sanitaria y junto con las dos guías de campo representan los materiales de referencia del curso “Cómo realizar inspecciones sanitarias en pequeños sistemas de agua”. No están concebidas como documentos oficiales para realizar una inspección sanitaria, sino como procedimientos sistemáticos que se deben seguir en la organización de una inspección sanitaria. Se debe recalcar que el *Manual del inspector* y las guías de campo sólo brindan información relevante (preguntas básicas, su justificación e importancia) que el inspector requiere para evaluar adecuadamente un pequeño sistema de agua público. No ofrecen detalles técnicos sobre cada faceta de un sistema de agua, ni los elementos para que el inspector proporcione asistencia técnica.

La versión original en inglés “Learner’s guide: How to conduct a sanitary survey of small water systems”, fue preparada por la Agencia de Protección Ambiental de Los Estados Unidos, EPA. El diseño y contenido del material fue revisado por un comité consultor conformado por representantes de la EPA (de la sede central y oficinas regionales), agencias estatales de agua de bebida y la Association of State Drinking Water Administration.

Antecedentes

Este *Manual del inspector* fue desarrollado por el UFTREEO Center en cumplimiento parcial del fondo número T902854 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Office of Ground Water & Drinking Water. Algunas secciones de esta guía de capacitación se extrajeron del Sanitary Survey Training Instructor’s Technical Manual, preparado por la Dynamac Corporation y el South Carolina Environmental Training Center en proyectos anteriores financiados por la EPA.

Agradecimientos

Un reconocimiento especial merecen las siguientes personas que participaron en la preparación e implementación de este documento de capacitación:

Director del proyecto

Dr. William Engel, CET, Director, Training, Research and Education for Environmental Occupations Center (TREEO Center), University of Florida. Gainesville, Florida

Oficial del proyecto de la EPA

Kenneth “Ken” Hay, Especialista en educación/capacitación, Office of Ground and Drinking Water, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Washington, D.C

Coordinador del proyecto

Andrew A - Holtan, CET, Presidente: International Studies & Training Institute; Whiteford, Maryland*

Gráficos y publicación

Everett E. "Skeet" Arasmith, CET, Presidente; Arasmith Consulting Resources, Albany, Oregon Kevin Zentz, Ilustrador, Arasmith Consulting Resoruces, Albany, Oregon*

Validación y revisiones

El material de este Manual del Inspector se desarrolló originalmente en 1983 y se validó en noviembre de 1990 a través del proceso DACUM (Developing A CURriculum) (preparación de un curriculum). Las siguientes personas participaron en la revisión del *Manual del inspector*:

Doug Abbott, CET, Presidente; Abbott & Associates, Columbia, Maryland *
Gordon Belcher, CET, Especialista en sistemas de agua, Centertown, Missouri *
Lenny Gold, Presidente; Gold and Associates, Easton, Maryland *
Peter Karalekas, P.E., Consulting Environmental Engineer, Ludlow, Massachusetts *
William Parrish, Especialista en sistemas de agua, Cockeysville, Maryland *

* *Instructores técnicos profesionales y redactores técnicos.*

Comité de asesoría

La organización y contenido de estos documentos se verificaron en el nivel nacional por un Comité Asesor con representantes de organismos estatales primarios, la Association of State Drinking Water Administrator (ASDWA) y las oficinas regionales estatales de la EPA. En los apéndices se brinda una lista de los miembros del Comité Asesor.

También se agradece a las personas que identificaron inicialmente la información técnica relevante para realizar una inspección sanitaria. Esto se logró a través de mucha discusión, compromiso y acuerdo por parte de cada persona involucrada cuando se reunieron en Nuevo México bajo la dirección de Ken Hay.

VERSIÓN EN ESPAÑOL

La traducción al español y la adaptación fue realizada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS, de la Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud, OPS/OMS, con el apoyo de la Oficina de Representación de la OPS/OMS en Honduras, el Grupo Colaborativo de Agua en Honduras y la EPA.

Agradecimientos

Un reconocimiento especial merecen las siguientes personas que participaron en la preparación e implementación de la versión en español.

Coordinación general; edición técnica general, supervisión final de la traducción y producción de las ilustraciones por el dictado de curso correspondiente

Ing. Felipe Solsona; Asesor Regional en Calidad de Aguas, OPS/CEPIS

Edición técnica: capítulo 6 «Procesos de tratamiento de agua»

Ing. Lidia Vargas, OPS/CEPIS

Traducción y edición de estilo

Lic. Marta Miyashiro; Srtas. María Fe Torres, Rocío Solé y Viviana Tipiani, OPS/CEPIS

Arreglos de diseño y compaginación

Sra. Irma Sánchez, OPS/CEPIS

Revisores técnicos del borrador

Ings. Jorge Martínez, EPA / Puerto Rico y Carlos Ramos, EPA/NYC; Grupo Colaborativo del Agua, Honduras

Impresión

Sr. Washington Macutela, Imprenta de la OPS/CEPIS

Desarrollado con el fondo número T902854 de la EPA
Se aplican las disposición de derechos de autor

Aviso

El contenido de este Manual del Inspector no necesariamente refleja las opiniones y políticas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. La mención de nombres o productos comerciales no constituye un aval ni recomendación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, el Training, Research and Education for Environmental Occupations Center (Centro TREEO) de la University of Florida, la National Environmental Training Association o los estados u oficinas federales que participan en la capacitación.

CONTENIDO

Sección	Título	Página
	Prefacio	i
	Créditos	i
Introducción	Objetivos del aprendizaje	I-1
	Cómo realizar la inspección sanitaria	I-3
	Competencia de los participantes	I-4
	Definición de la inspección sanitaria	I-4
	Justificación de las inspecciones sanitarias	I-5
	Personal para la inspección	I-5
	Visión general de la inspección sanitaria	I-5
Capítulo 1	Organización de la inspección sanitaria	
	Objetivos del aprendizaje	1-1
	Recolección de datos	1-2
	Reglamentos y normas	1-2
	Preparación	1-3
	Contactos	1-3
	Organización del equipo	1-4
	Recomendaciones generales para la inspección en el lugar	1-6
	Comunicación durante la visita en el lugar	1-8
	Secuencia de las actividades	1-10
	Seguimiento	1-12
	Comunicación	1-12
	Informe de la inspección sanitaria	1-13
	Acción correctiva	1-15
	Ejemplos de banderas rojas	1-18
Capítulo 2	Reglamentos para el agua de bebida	
	Objetivos del aprendizaje	2-1
	Recolección de datos	2-1
	Reglamentos y normas	2-1
	Información básica	2-3
	Preguntas para determinar el cumplimiento de los requisitos y los riesgos sanitarios	2-13
Capítulo 3	Fuentes de aguas	
	Objetivos del aprendizaje	3-1
	Recolección de datos	3-1
	Reglamentos y normas	3-1
	Fuentes de agua / cantidad de agua	3-3
	Riesgos sanitarios / cantidad	3-4
	Calidad del agua	3-6
	Riesgos sanitarios / calidad	3-9
	Protección de la fuente	3-10
	Riesgos sanitarios / protección de la fuente	3-11
	Pozos - Riesgos sanitarios	3-13
	Riesgos sanitarios relacionados con los pozos	3-16
	Fuentes superficiales - Riesgos sanitarios	3-21
	Riesgos sanitarios relacionados con fuentes superficiales	3-25

	Manantiales - Riesgos sanitarios	3-27
	Riesgos sanitarios relacionados con manantiales	3-30
	Captación de agua de lluvia en techos	3-31
	Riesgos sanitarios de la captación de agua de lluvia en los techos	3-33
	Conducción - Riesgos sanitarios específicos	3-34
	Riesgos sanitarios / sistema de conducción	3-35
Capítulo 4	Bombas e instalaciones de bombeo	
	Objetivos del aprendizaje	4-1
	Recolección de datos	4-1
	Reglamentos y normas	4-1
	Información básica	4-3
	Riesgos sanitarios de la estación de bombeo y la caseta del pozo	4-5
	Riesgos sanitarios del equipo y accesorios de bombeo	4-8
	Riesgos sanitarios de la energía auxiliar	4-19
	Riesgos sanitarios de la operación y mantenimiento	4-22
Capítulo 5	Reservorios	
	Objetivos del aprendizaje	5-1
	Recolección de datos	5-1
	Reglamentos y normas	5-1
	Información básica	5-3
	Riesgos sanitarios del almacenamiento por gravedad	5-8
	Información básica sobre tanques hidroneumáticos	5-16
	Riesgos sanitarios de los tanques de almacenamiento hidroneumático	5-19
Capítulo 6	Procesos de tratamiento de agua	
	Objetivos del aprendizaje	6-1
	Recolección de datos	6-1
	Reglamentos y normas	6-2
	Información básica	6-3
	Sistemas de dosificación de sustancias químicas	6-4
	Riesgos sanitarios de los sistemas de dosificación de sustancias químicas	6-7
	Procesos de tratamiento	6-11
	Desinfección	6-11
	Dosis y cloro residual	6-11
	Riesgos sanitarios, desinfección, dosis y residuales	6-14
	Sistemas de hipocloración	6-16
	Riesgo sanitario - Sistemas de hipocloración	6-17
	Sistema de cloración con gas	6-18
	Riesgos sanitarios y sistemas de cloración a gas	6-20
	Remoción de la turbiedad	6-25
	Riesgos sanitarios del tratamiento convencional	6-28
	Riesgos sanitarios de la filtración lenta en arena	6-32
	Riesgos sanitarios de la filtración con tierra diatomea	6-34
	Riesgos sanitarios de la filtración por membranas	6-36
	Control de la corrosión	6-38
	Riesgos sanitarios del control de la corrosión	6-39
	Remoción de hierro (Fe) y manganeso (Mn)	6-40

	Riesgos sanitarios de la remoción de hierro y manganeso ..	6-43
	Remoción de sustancias orgánicas	6-44
	Riesgos sanitarios de la remoción de sustancias orgánicas	6-46
	Aeración	6-47
	Riesgos sanitarios de la aeración	6-48
	Ablandamiento del agua	6-49
	Riesgos sanitarios del ablandamiento	6-52
	Tratamiento especial	6-53
	Riesgos sanitarios de la ósmosis inversa	6-55
	Fluoruración	6-56
	Aplicación general	6-56
	Riesgos sanitarios - Fluoruración	6-61
Capítulo 7	Sistemas de distribución	
	Objetivos del aprendizaje	7-1
	Recolección de datos	7-1
	Reglamentos y normas	7-2
	Información básica	7-3
	Riesgos sanitarios de los sistemas de distribución	7-8
Capítulo 8	Conexiones cruzadas	
	Objetivos del aprendizaje	8-1
	Recolección de datos	8-1
	Reglamentos y normas	8-1
	Información básica	8-3
	Riesgos sanitarios de las conexiones cruzadas	8-15
Capítulo 9	Monitoreo y pruebas de laboratorio	
	Objetivos del aprendizaje	9-1
	Recolección de datos	9-1
	Reglamentos y normas	9-1
	Información básica	9-3
	Riesgos sanitarios del monitoreo y pruebas de laboratorio	9-4
Capítulo 10	Manejo de la empresa	
	Objetivos del aprendizaje	10-1
	Recolección de datos	10-1
	Reglamentos y normas	10-1
	Información básica	10-3
	La gestión de la empresa y el riesgo sanitario	10-3
Apéndice		
	Comité Asesor	A-1
	Referencias sugeridas	A-2
	Material de capacitación audiovisual	A-7

Introducción

La inspección sanitaria es un elemento esencial de un programa efectivo de agua potable. En los sistemas de agua, las inspecciones sanitarias ayudan a proteger la salud pública.

Objetivos del aprendizaje

Al final de este capítulo, los alumnos podrán:

- Evaluar sus propios antecedentes y experiencias e identificar aspectos que complementen su capacitación.
- Definir la 'inspección sanitaria' y explicar su propósito en un sistema de agua pequeño.
- Explicar que el propósito de la capacitación es la identificación de las condiciones que pueden causar riesgos sanitarios en un pequeño sistema de agua típico.

Cómo realizar la inspección sanitaria

Sobre los reglamentos

El contenido del curso hace mención en términos generales a la legislación y reglamentos relacionados con el agua de bebida. Los participantes del curso deben adaptar el material a sus propios reglamentos.

Duración y organización del curso

Este curso, de cuatro días de duración, se distribuye comenzando un lunes después de medio día; con un martes y miércoles de atención a las presentaciones, un jueves con ejercicio de campo y un viernes por la mañana de discusión de resultados y resumen del curso. Es decir que se trata de un curso de cuatro días desarrollado a lo largo de cinco jornadas. El curso se centra en la necesidad de conocer la información necesaria para identificar las condiciones o prácticas que puedan contribuir a un riesgo sanitario. El curso brinda la oportunidad de **discutir qué son los riesgos sanitarios, dónde tienen mayor probabilidad de ocurrir y cómo reconocerlos o pronosticarlos.**

Enfoque

Las ponencias y discusiones en clase se combinan con ejercicios de campo en sistemas de agua subterránea y superficial. Los ejercicios de campo permiten aplicar la información teórica en el campo para identificar los problemas reales que contribuyen a un riesgo sanitario. Las discusiones en equipo, después del ejercicio de campo, sirven para identificar los riesgos sanitarios y las posibles medidas correctivas.

Ejercicios de campo

Durante los ejercicios de campo, los participantes formarán equipos y realizarán una inspección sanitaria. Luego, presentarán y discutirán los resúmenes de los resultados del equipo. **Para los ejercicios de campo los participantes deberán ser puntuales y vestirse apropiadamente y de acuerdo con el clima.**

Equipo de instrucción

La capacitación la imparte un equipo profesional que consta de dos instructores y un coordinador o instructor del curso. Cada miembro del equipo debe tener una combinación de experiencia en la reglamentación sobre operación y mantenimiento de los sistemas de agua y de tecnología de instrucción.

Materiales de capacitación

La instrucción se complementa con este Manual del Inspector, dos guías de campo (aguas subterráneas y aguas superficiales) y materiales audiovisuales de capacitación. A menos que se indique de otro modo, las normas y tasas mencionadas en la guía se han tomado de las siguientes publicaciones: "Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities, U.S. EPA Office of Drinking Water Centre for Research Information, Cincinnati, OH 45268 EPA/625 4-89/023; Recommended Standards for Water Works" 1992, Health Education Services, Health Research Inc., P.O. Box 7126, Albany, NY. 12224 (518) 439-7286. En los

apéndices, se brinda una lista de referencias y videocintas adicionales.

Competencia de los participantes

Requisitos esenciales

Los participantes que manejan el vocabulario relacionado con los sistemas de agua y que comprenden el funcionamiento de dichos sistemas, se beneficiarán de la capacitación sobre la inspección sanitaria. **Es esencial tener conocimientos básicos sobre los pequeños sistemas de agua.** Se promoverá entre los participantes la interacción, el intercambio de experiencias e historias de caso, los ejercicios en grupo y discusiones, las preguntas y respuestas y el aporte de soluciones a los problemas a medida que se presenten.

Definición de la inspección sanitaria

Definición

Como se define en el 40 CFR121.2 (definiciones), una inspección sanitaria significa "... la revisión *in situ* de la fuente de agua, instalaciones, equipo y O&M de un sistema público de agua a fin de evaluar la suficiencia de dicha fuente, instalaciones, equipo y O&M para producir y distribuir agua de bebida segura". La definición se ha ampliado para incluir la evaluación de las prácticas de gestión.

Tipos de inspección

La **inspección puede ser de tipo I y II.**

Tipo I

La inspección sanitaria de tipo I es una evaluación integral *in situ* de todos los componentes de un sistema de agua y los procedimientos de O&M. La frecuencia de dicha inspección se basa, pero no se limita a, un número negociado por la EPA y el estado o se basa en un plan estatal de inspección sanitaria definido por el estado. Algunos estados establecen una frecuencia de inspecciones de cada 3 años para sistemas superficiales y de cada 5 años para sistemas subterráneos.

Tipo II

La inspección sanitaria de tipo II es una inspección *in situ* limitada, que se realiza a medida que se requiera. La inspección incluye, pero no se limita a, inspección de componentes específicos del sistema de agua, inspección de los procedimientos de O&M e inspección relacionada con quejas. Las inspecciones de tipo I hacen un seguimiento de las inspecciones previas o inspecciones realizadas como resultado de un problema o acción relacionada con el cumplimiento del reglamento. Una inspección de tipo II no substituye a una inspección de tipo I.

Justificación de las inspecciones sanitarias

Cumplimiento con la ley

La inspección sanitaria está especificada en la ley. Los reglamentos están diseñados para prevenir el desarrollo de condiciones y prácticas que puedan contribuir a un riesgo sanitario. Hay reglamentos que indican que las inspecciones sanitarias se deben realizar cada tres a cinco años en los sistemas de agua públicos. El cumplimiento de este requerimiento es un buen indicador de la capacidad de un sistema para brindar un abastecimiento seguro y adecuado de agua potable. El inspector de la inspección sanitaria debe verificar si tal cumplimiento puede ser una condición de largo plazo o si es precario y posiblemente esté sujeto a un alto grado de riesgos sanitarios que podrían afectar la calidad o cantidad de agua y amenazar la salud pública.

Necesidad de personal competente

Las inspecciones sanitarias deben ser realizadas periódicamente por personal competente para determinar si la fuente, instalaciones, equipo, operación, mantenimiento y manejo del sistema son adecuados, efectivos y eficientes en la generación de cantidades de agua segura para el consumidor, y si la calidad del agua cumple con los estándares aceptables.

Personal para la inspección

Quién realiza las inspecciones sanitarias

Las inspecciones sanitarias deben ser realizadas por personal competente con experiencia y conocimiento en el diseño, operación, mantenimiento y manejo de sistemas de agua segura. Estas personas deben estar calificadas para evaluar problemas hidrológicos, hidráulicos, mecánicos y de ingeniería básica y deben ser capaces de tomar decisiones adecuadas.

Visión general de la inspección sanitaria

El proceso

Las actividades de la inspección sanitaria brindan un registro completo y exacto de los componentes de los sistemas de agua pequeños, evalúan las condiciones de funcionamiento y adecuación del sistema y determinan si las recomendaciones hechas en el pasado se han implementado de manera efectiva.

Lista de actividades

El programa de instrucción presenta la información que requiere un inspector para realizar efectivamente las siguientes actividades:

- Inspeccionar y evaluar la fuente de agua y la estructura de captación.

- Inspeccionar y evaluar los procesos de tratamiento y acondicionamiento, las instalaciones y componentes.
- Inspeccionar y evaluar el sistema de distribución.
- Revisar los datos del monitoreo del agua de la fuente y distribución para verificar las características bacteriológicas, físicas, químicas y radiológicas y realizar y evaluar análisis de campo, si fuera necesario.
- Revisar las prácticas de operación y mantenimiento.
- Revisar los registros, archivos, mapas y correspondencia.
- Revisar las prácticas administrativas que afectan la operación y mantenimiento de los sistemas de agua.
- Determinar las calificaciones del personal del sistema.
- Revisar las prácticas de gestión y necesidades de personal.
- Completar el reporte de la inspección.
- Presentar los resultados de la inspección sanitaria al propietario o abastecedor y (si fuera necesario) discutir los problemas en el lugar y sugerir opciones para resolverlos.
- Notificar las deficiencias al propietario, operador, usuarios, organismo de vigilancia estatal (si fuera necesario).

Organización de la inspección sanitaria

El inspector debe organizar y planificar las acciones necesarias para que la inspección sanitaria resulte efectiva y eficiente. Se requieren muchas etapas críticas, las que se inician con la primera llamada telefónica para organizar la inspección en el lugar y concluyen con la debida corrección de los defectos identificados. El proceso de la inspección sanitaria se divide en tres componentes básicos:

- 1) preparación, incluida la investigación de antecedentes
- 2) inspección en el lugar
- 3) actividades de seguimiento para asegurar que se corrijan las deficiencias sanitarias.

El proceso de la inspección sanitaria debe considerarse como una «alianza cooperativa» entre el organismo de vigilancia y el abastecedor de agua, ya que ambos comparten la meta común de proporcionar agua segura al público.

Objetivos del aprendizaje

Al final de este capítulo, los participantes deben ser capaces de:

- Describir las actividades antes, durante y después de la inspección sanitaria de pequeños sistemas de agua.
 - a. Determinar con quién y cómo comunicarse antes, durante y después de la inspección en el lugar.
 - b. Identificar el propósito de cada uno de los contactos. Explicar qué tipo de información debe comunicarse y en qué formato.
 - c. Explicar las actividades que deben realizarse durante la fase de preparación y la importancia de cada actividad.
 - d. Planificar un programa para la inspección sanitaria y calcular el tiempo requerido para cada actividad.
 - e. Evaluar los formularios de muestreo y discutir las notas de campo como herramientas para realizar la inspección.
 - f. Identificar el equipo de protección personal y las precauciones de seguridad para los inspectores durante la inspección en el lugar.
 - g. Identificar el equipo de campo para los inspectores y explicar la importancia de un programa de mantenimiento preventivo para el equipo de campo.
 - h. Identificar las etapas de la inspección en el lugar.
 - i. Explicar las funciones del informe de la inspección sanitaria y asistencia técnica; identificar las actividades que se deben completar después de la inspección en el lugar.

Recolección de datos

El inspector debe obtener la información que se indica a continuación antes de iniciar la inspección sanitaria. De otro modo, la información deberá ser obtenida durante la inspección.

- informes de inspecciones sanitarias anteriores
- correspondencia
- resultados del cumplimiento de los problemas detectados en el monitoreo
- registros del cumplimiento anterior
- planos del archivo (protección de fuentes, muestreo, emergencias o contingencias, control de conexiones cruzadas, reparaciones o reemplazos, expansión futura, etc.).

Reglamentos y normas

El inspector debe considerar y revisar los siguientes reglamentos y documentos antes de la inspección:

- de calidad de agua de bebida nacional o estatal, según corresponda
- de monitoreo
- de desinfección de aguas subterráneas
- de capacitación del personal
- de radón, arsénico, sulfato, si corresponde
- informe anual (periódico)
- certificación del operador.

Organización de la inspección sanitaria

Preparación

Planificación

Tiempo estimado

El inspector debe calcular el tiempo requerido para distribuirlo adecuadamente. El estimado debe incluir el tiempo antes, durante y después de la inspección en el lugar. Si bien el tiempo requerido varía con la complejidad y experiencia del inspector, es práctico calcular dos horas en la oficina por cada hora en el campo.

Investigación

Revisión de archivos

Antes de cada inspección, el inspector debe revisar la información disponible sobre los últimos cinco años del sistema que va a ser sometido a inspección. La revisión ayudará al inspector a familiarizarse con la historia y condición del sistema. A menudo, si el inspector está familiarizado con la historia del sistema, inspecciones anteriores, registros, memorandos y comunicaciones telefónicas, le será más fácil comprender las observaciones hechas durante la inspección con respecto a cartas anteriores, conversaciones, etc., que de otro modo estarían fuera de contexto o sencillamente no se comprenderían.

Importancia de los antecedentes

El conocimiento de los antecedentes, brinda al personal del sistema de agua un sentido de profesionalismo e interés por el sistema. El resultado final será la obtención de información más exacta y útil sobre la operación y las instalaciones.

Contactos

Teléfono y carta

El inspector debe contactar al sistema de agua para explicar el propósito de la inspección sanitaria, programar la fecha y hora de reunión para que el personal esté disponible y discutir cualquier acción que el personal del sistema de agua tenga que realizar para la inspección sanitaria.

Se recomienda el contacto telefónico seguido de una carta de notificación. La carta debe reiterar el contenido de la conversación telefónica. También se debe proporcionar las instrucciones sobre cómo proceder en caso de cambios en el programa. Ésta es una buena oportunidad para recalcar las razones de la inspección e informar al personal del sistema de agua sobre los datos específicos que debe brindar. Se debe dar el tiempo suficiente para que el personal del sistema responda la carta.

Persona directamente responsable

El inspector de un sistema de agua debe saber a quién contactar para realizar la inspección sanitaria. El

contacto con la persona directamente responsable del manejo general del sistema (es decir, gerente general, alcalde, comisionado del agua, gerente de servicios, etc.) es esencial para obtener cooperación, recolectar información, coordinar con otros departamentos u organismos y transmitir los resultados de la evaluación. Las personas u organismos que el inspector debe contactar antes de la inspección en el lugar y el propósito del contacto se enumeran a continuación:

Contacto	Propósito
Propietario del sistema de agua	<ul style="list-style-type: none">● Obtener cooperación.● Establecer fechas para la inspección.● Explicar el propósito de la inspección.● Requerir información necesaria disponible.● Coordinar la entrada al lugar.● Asegurar la presencia de todo el personal operativo durante la inspección.
Otros organismos reguladores	<ul style="list-style-type: none">● Asegurar la cooperación y coordinación.● Obtener información relacionada con el sistema.
Cambio en el programa	Si el inspector debe cambiar el programa, debe darlo a conocer lo antes posible. La inspección nunca debe aplazarse o cancelarse sin notificación previa a los representantes del sistema de agua.

Organización del equipo

Equipo de campo para las pruebas

Verificación del equipo

Antes de la inspección en el lugar, los inspectores de la inspección sanitaria deben asegurarse de que el equipo de campo esté en buenas condiciones. El mantenimiento preventivo es esencial para todo el equipo. El equipo que esté roto, sucio, malogrado, mal calibrado o mantenido indebidamente no proporcionará datos confiables, reproducibles ni exactos. Se obtienen mejores resultados si se siguen las especificaciones del fabricante para el mantenimiento preventivo.

Verificación de las normas

De igual importancia son las normas para las pruebas del equipo de campo. El inspector debe verificar la fecha de caducidad y usar los métodos estándares vigentes de prueba y calibración.

Equipo recomendado

El equipo de prueba de campo que se recomienda incluye, pero no se limita a:

- medidor de pH portátil (digital, no analógico)
- equipo de prueba de cloro residual (colorímetro o espectrofotómetro portátil)
- cámara fotográfica con registro automático de fecha
- binoculares
- linterna eléctrica.

Equipo de protección personal y precauciones de seguridad

Seguridad del inspector

Otro aspecto de la inspección sanitaria es la seguridad. Esta debe ser una preocupación del inspector de campo, así como del personal operativo. Los riesgos de seguridad incluyen:

Peligros

- descarga eléctrica
- exposición a sustancias químicas
- ahogo
- entrada a espacios confinados
- ruido de alta intensidad
- dislocaciones y torceduras por levantar cargas
- resbalones, tropiezos y caídas.

Verificación del equipo de seguridad Antes de la inspección en el lugar, el inspector debe asegurarse de que el equipo de protección personal esté disponible. Si bien muchos organismos estatales no proporcionan este equipo, el inspector debiera asegurar la disponibilidad de algunos, como respiradores, por ejemplo. Lo que se usa con mayor frecuencia son:

Equipo de seguridad y función

Cascos de seguridad

Brindan protección a la cabeza contra objetos que pudieran caer y en caso de obstrucciones en las galerías de tuberías. También pueden usarse como un medio de identificación.

Anteojos de protección

Brindan protección a los ojos contra sustancias químicas y objetos en movimiento. Cuando se trabaja con sustancias químicas agresivas, pueden ser complementados con un protector facial completo.

Guantes

Brindan protección contra lesiones por sustancias químicas y equipos. Se prefieren los materiales de goma en lugar de cuero o tela.

Zapatos de seguridad con puntera de acero

Brindan protección contra objetos que pudieran caer.

Respiradores

Protegen al operador de la inhalación de polvo, vapores orgánicos y otras sustancias químicas. Este equipo solo debe usarse cuando se sabe que el ambiente no es deficiente en oxígeno. Si hay deficiencia de oxígeno deben usarse equipos de respiración autónomos.

Aparatos independientes para la respiración

Proporcionan protección en ambientes deficientes de oxígeno (por ejemplo, espacios confinados).

Recomendaciones generales para la inspección en el lugar

Con el objetivo en mente

Al realizar la inspección en el lugar, es importante que el inspector recuerde el propósito de la inspección. El inspector debe revisar la fuente de agua, instalaciones, equipos, operación, mantenimiento y manejo de la producción y distribución del agua de bebida segura. **El inspector no debe dejar que la inspección sanitaria se convierta en un ejercicio para completar formularios. Debe concentrarse en la identificación de problemas potenciales o existentes y en la evaluación de riesgos.**

Puntualidad - Participación del personal del sistema de agua

Cuando se realiza una inspección en el lugar, el primer paso es ser puntual para que el personal del sistema no tenga que esperar al inspector. Una inspección exitosa requiere que los representantes a cargo del manejo, operación y mantenimiento, participen en el proceso de la inspección sanitaria. Además de brindar información relevante al inspector, permitirá al inspector y al personal comprender el propósito de la inspección y desarrollar la confianza en las habilidades del otro. Una vez que se ha desarrollado esa confianza, el personal puede estar más dispuesto a expresar las condiciones y problemas del sistema.

Responsabilidad y capacidad del personal

En sistemas muy pequeños, la responsabilidad del manejo, operación y mantenimiento puede recaer en una sola persona. El operador también puede ser responsable de otros servicios en la comunidad (por ejemplo, del tratamiento de aguas residuales, reparación de caminos, recolección de basura, etc.). En consecuencia, el operador generalmente solo tiene un conocimiento básico del sistema de agua y sus procesos.

Uso de formularios y notas de campo

Las notas de campo, diagramas y formularios de inspección son importantes para la inspección sanitaria. El uso sensato del formulario: a) proporcionará uniformidad a las inspecciones, b) asegurará el carácter

integral de la inspección, c) facilitará el mantenimiento de registros, d) documentará las observaciones y e) permitirá que otro inspector haga el seguimiento de la inspección.

Formularios apropiados

Un formulario diseñado adecuadamente puede facilitar y simplificar la inspección sanitaria. El formulario de inspección en el campo es un instrumento para el manejo de datos. El formulario puede servir como una guía sistemática durante la inspección para asegurar su carácter integral y evitar pasar por alto datos importantes. Un buen formulario motiva preguntas y brinda al inspector la oportunidad de centrarse en las respuestas y registrar las observaciones, sin distraerse con la siguiente pregunta.

Uso de un formulario “estándar”

En la mayoría de casos, es apropiado usar un formulario estándar para ayudar al inspector a cubrir todos los aspectos del sistema. Es importante recordar que llenar el formulario no es la función primaria de la inspección. El inspector debe comprender la razón por la que hace cada pregunta.

Comunicación durante la visita en el lugar

Con quién comunicarse

La siguiente es una lista del personal con quien el inspector debe comunicarse y el propósito de las comunicaciones:

Contacto	Propósito
Propietario del sistema de agua	<ul style="list-style-type: none">● Obtener información relevante.● Explicar la función de los resultados de la inspección.● Explicar las medidas recomendadas.● Explicar qué medidas generará la inspección.
Personal operativo	<ul style="list-style-type: none">● Obtener información relevante.● Explicar las medidas recomendadas.

Relación con el operador

Una buena relación con el personal de operación es importante para el éxito de la inspección. El operador ocupa una posición única en el abastecimiento de agua, en la mayoría de casos, es responsable de todos los aspectos del sistema (desde la operación de la planta hasta el presupuesto del equipo) y en sistemas pequeños, también puede ser responsable de otros servicios (tratamiento de aguas residuales, reparación de caminos, etc.). En consecuencia, el operador puede tener un conocimiento básico del sistema de agua y sus procesos, pero no necesariamente un conocimiento de los requisitos reglamentarios.

Necesidad de la documentación

Debe considerarse cuidadosamente el tipo de información y el formato para transmitir dicha información. Generalmente, la comunicación verbal no se puede documentar. La información que debe estar documentada, tales como infracciones, medidas correctivas, etc., debe presentarse por escrito y a menudo requiere una firma para constatar su recepción.

Evaluación del sistema y de las actividades

En el período de evaluación del sistema, realice algunas de las actividades que se enumeran a continuación:

- Examine las quejas presentadas al sistema.
- Revise los informes mensuales de operación y monitoreo interno.
- Investigue sobre el abastecimiento, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua.
- Describa el sistema y haga un diagrama de flujo.
- Establezca un mecanismo para el intercambio de información entre el operador y el inspector.

- Complete el formulario de inspección de la inspección sanitaria.
- Haga un muestreo si estaba previsto.
- Presente una breve reseña de lo que ha encontrado al operador y al propietario al final de la evaluación.

Secuencia de las actividades

La inspección en el lugar debe llevarse a cabo de manera sistemática. La secuencia debe incluir las siguientes actividades:

- 1) charla informativa inicial
- 2) revisión de antecedentes
- 3) evaluación del manejo
- 4) recorrido por las instalaciones
- 5) asimilación de los resultados por el inspector
- 6) charla informativa de despedida.

A continuación se brindan los detalles de estas seis actividades.

Charla informativa inicial

El propósito de la charla es conocer al personal del sistema de agua, explicar el objetivo de la inspección sanitaria y describir la secuencia de actividades que comprenderá la fase de inspección en el lugar. También es una oportunidad para que el inspector y el personal del sistema de agua discutan los problemas que no estén directamente relacionados con la inspección (por ejemplo, reglamentos propuestos, actividades del organismo de vigilancia, etc.). El personal del área de manejo, operación y mantenimiento debe estar presente en la charla.

Revisión de antecedentes

Esta sesión también incluye al personal que representa a la gerencia y a la operación y mantenimiento del sistema de agua. Durante esta fase, el inspector debe revisar los informes anteriores de la inspección sanitaria y discutir las medidas tomadas por el sistema de agua en relación con los riesgos sanitarios identificados durante inspecciones anteriores. Además, se debe obtener o verificar información básica, incluida pero no limitada al número y clasificación de conexiones de servicios, picos y promedios de producción diaria, diagrama de flujo y descripción de las principales instalaciones y revisión de las quejas de los clientes.

Evaluación del manejo gerencial

Los propietarios o gerentes son el punto central de esta sesión; sin embargo, el personal de O&M también debe participar. Durante esta fase, el inspector evaluará la adecuación de los programas y procedimientos, los que incluirán pero no se limitarán al cumplimiento del muestreo de las normas de calidad del agua de bebida, protección de la fuente, control de las conexiones cruzadas, planes de contingencia, control de la corrosión, seguridad, capacitación, prueba de presión y capacidad de arrastre del sistema de distribución, manejo financiero, mejoras en el capital, mantenimiento de registros, mantenimiento preventivo y procedimientos operativos estándares. El inspector también evaluará

cómo la empresa trata las quejas de los clientes y si el reclutamiento de personal es adecuado. Finalmente, el inspector debe revisar los registros operativos (monitoreo interno) antes de la siguiente fase de inspección en el lugar.

Recorrido por las instalaciones

Para que la inspección sanitaria tenga éxito, es indispensable que los individuos responsables de la O&M participen en el recorrido por las instalaciones. El inspector debe empezar por la fuente de agua y recorrer todo el sistema (siguiendo el «flujo de agua») hasta el sistema de distribución. En cada etapa del proceso, el inspector debe hacer observaciones y preguntar al personal de O&M sobre el proceso, equipo y estrategias. La manera de plantear las preguntas a los operadores no debe ser directa. Por ejemplo, es más probable que se obtenga una respuesta exacta cuando se pregunta “¿Cómo sabe cuándo debe lavar un filtro a contracorriente?” en lugar de “¿Siempre lava el filtro a contracorriente antes de que aumente la turbiedad del agua filtrada?”. Otra regla general es no suponer nada. Aun si el inspector sabe la respuesta a una pregunta específica, debe hacer la pregunta. La respuesta servirá para que el inspector evalúe el conocimiento del operador y puede motivar preguntas adicionales sobre el sistema.

NOTA: El inspector no debe tocar, intentar ajustar ni manejar ningún equipo de la planta.

Asimilación de los resultados por parte del inspector

En esta etapa, el inspector debe trabajar solo para completar el formulario de la inspección, identificar y otorgar prioridad a los riesgos sanitarios observados. Se debe dar mayor prioridad a los riesgos sanitarios que puedan representar una amenaza inminente para la salud pública. También es el momento para que el inspector busque asesoría u orientación de los expertos o supervisores en el organismo regulador con respecto a los resultados y medidas que van a tomarse. El inspector debe usar este tiempo para preparar la charla de despedida.

Charla informativa de despedida

Antes de dejar el sitio, el inspector debe informar a las personas que estuvieron presentes en la charla inicial sobre los riesgos sanitarios identificados en orden de prioridad. El inspector debe explicar qué medidas generará la inspección y que los representantes del sistema de agua recibirán un informe con los resultados y recomendaciones.

Observación: Como inspector, sus recomendaciones pueden ser «corregir algo,» pero no está obligado a especificar exactamente cómo se debe corregir. Si tiene dudas, mejor regrese a la oficina y discuta sus resultados antes de hacer recomendaciones y de establecer prioridades específicas.

Necesidad de la documentación

Debe considerarse cuidadosamente el tipo de información que se entregará y el formato para transmitir dicha información. Generalmente, la comunicación verbal no se puede documentar. La información que debe estar documentada, tales como infracciones, medidas correctivas, etc., debe presentarse por escrito y a menudo requiere una firma para constatar su recepción.

Seguimiento

Resumen de actividades

Las actividades de esta fase son las siguientes:

Finalizar la documentación y dar prioridad a los riesgos sanitarios identificados durante la investigación en el campo.

Completar el reporte formal de la inspección sanitaria.

Notificar a las organizaciones apropiadas sobre los resultados.

Notificar a la empresa de agua sobre cualquier variación en el informe escrito con respecto a la rendición oral de cuentas.

Hacer un seguimiento a las preguntas planteadas por el personal de la empresa de agua.

Brindar opciones para la corrección de riesgos sanitarios, incluidas las fuentes de asistencia técnica.

Comunicación

El personal con quien se debe comunicar el inspector y el propósito de la comunicación se enumeran a continuación:

Contacto	Propósito
Propietario o gerente del sistema de agua	Notificar deficiencias. Proveer instrucciones para la corrección. Establecer fechas para el cumplimiento de las correcciones.
Público o cliente (en raras ocasiones)	Si el sistema no cumple con: las normas de calidad del agua procedimientos de monitoreo y pruebas aplicables correcciones programadas exoneraciones o variaciones.

Comunicación con los clientes

La comunicación directa con el cliente requiere un plan bien diseñado y una coordinación estrecha con la alta gerencia. En situaciones específicas, la notificación pública debe estar a cargo del abastecedor de agua de acuerdo con lo establecido por la legislación vigente. El inspector no está obligado a contactar el público en general a menos que sea un caso especial o una emergencia. En esos casos, el inspector debe trabajar estrechamente con la alta gerencia para presentar información objetiva a fin de evitar especulaciones y alarmas en el público.

Informe de la inspección sanitaria

Importancia del informe

El informe de la inspección sanitaria es un componente importante de la inspección sanitaria. Si los resultados no se documentan adecuadamente mediante el uso de formularios apropiados y se compilan en un informe, los esfuerzos de la inspección pueden resultar nulos por más que se hayan investigado y cumplido los pasos anteriores. Si después de la inspección, no se documentan ni notifican formalmente las deficiencias, es probable que la próxima inspección sanitaria no muestre mejoras en la operación y mantenimiento del sistema.

Notificación oficial

El informe de la inspección sanitaria constituye la notificación oficial de los resultados de la evaluación. El informe puede ser tan breve como una carta o tan detallado como sea necesario para hacer saber a la empresa de agua las deficiencias existentes y lo que se debe hacer para corregirlas. La notificación formal de las deficiencias debe ser lo suficientemente explícita. Sin embargo, la sola enumeración de las deficiencias no puede lograr el objetivo de informar al sistema sobre un problema y su posible solución. El inspector a menudo es el único contacto del gerente u operador del sistema de agua para discutir la operación técnica de las instalaciones. Algunas veces, se supone indebidamente que todos los gerentes u operadores tienen la capacidad de comprender las observaciones y referencias técnicas del inspector. Aun si el personal del sistema comprende lo que el inspector desea, es poco probable que se tomen medidas correctivas si no entiende la razón de tales medidas. Si se dedica tiempo a la descripción del problema en términos simples y a explicar las razones para su corrección, el inspector recibirá una mejor respuesta. Si la explicación está orientada a comprender cómo el problema tiene un impacto negativo sobre el sistema, el personal se sentirá más motivado para corregirlo.

Contenido del informe

El informe contendrá:

1. la fecha y nombre de la persona que realizó la inspección

2. los nombres de quienes acompañaron al inspector durante la inspección
3. un esquema del sistema y si fuese apropiado, fotografías de los componentes clave del sistema
4. resultados de la inspección, además de la firma del inspector
5. recomendaciones específicas para el mejoramiento (aspectos de la reglamentación, riesgos sanitarios reales y potenciales, etc.) en orden de prioridad y con una fecha de cumplimiento.

Motivación para la corrección de los problemas

El informe de la inspección sanitaria, además de la comunicación verbal durante la inspección, puede servir para motivar la acción correctiva. La motivación puede darse por la naturaleza profesional del informe y la explicación de por qué es necesaria la acción correctiva. Cuando existen infracciones significativas, se puede establecer un programa de cumplimiento, acuerdo de compromiso, orden administrativa o presentación al tribunal apropiado para asegurar la corrección inmediata y adecuada. Si el informe detallado y exacto de la inspección sanitaria se remite oportunamente al personal apropiado, será considerado como una conducta profesional que promoverá la confianza y la voluntad de cooperar en la corrección de los defectos sanitarios.

Registro

El informe de la inspección es una herramienta importante para rastrear el cumplimiento de las leyes y reglamentos y es valiosa para evaluar una estrategia específica de cumplimiento. Sin embargo, una de las características más importantes es que representa un registro para las inspecciones futuras y proporciona información necesaria durante las situaciones de emergencia o cuando se requiera asistencia técnica.

Rapidez

El informe debe completarse con prontitud y reflejar la información proporcionada al personal de la empresa de agua al final de la evaluación en el lugar. Si la evaluación escrita es diferente de la charla final, el coordinador del sistema de agua debe llamar e informar sobre dichos cambios.

Importancia de la documentación

Las personas que reciben el informe no siempre son aquellas que acompañaron al inspector durante la inspección, ni las que toman las decisiones para mejorar o modificar la operación de los sistemas. Si no se hace una documentación adecuada y detallada a través de los formularios de la inspección sanitaria y el informe respectivo, será muy difícil usar cualquiera de los resultados de la inspección para verificar el cumplimiento de la ley. El inspector debe brindar una descripción exacta y detallada de la operación inapropiada o deficiencias del sistema en el informe sanitario.

Acción correctiva

Opciones

El proceso de verificación del cumplimiento de la ley a menudo requiere más que un programa estricto de monitoreo. Para asegurarse de que los riesgos sanitarios han sido eliminados, el inspector debe sugerir opciones para mejorar la empresa de agua. Los enfoques para corregir los riesgos sanitarios pueden incluir:

1. Corrección de problemas por el personal del sistema de agua, sus ingenieros consultores o contratistas.
2. Asistencia técnica a la empresa de agua por un organismo regulador, instituciones especializadas en capacitación y asistencia técnica o expertos de otros sistemas de agua.
3. Evaluación integral del rendimiento (EIR) (se aplica solo a plantas de tratamiento de aguas superficiales).

Una combinación de cualquiera de estos enfoques puede ser apropiada de acuerdo con el tipo y gravedad de las deficiencias sanitarias.

1. Por el personal del sistema de agua

Los sistemas de agua con personal capacitado y competente pueden resolver por sí mismos muchos aspectos identificados como riesgos sanitarios. En ese caso, la inquietud del inspector puede ser, «¿CÓMO se produjo esa condición?, o ¿POR QUÉ el gerente u operador de la empresa permitió que el sistema llegara a esa condición»? Uno puede asumir que un «personal competente» no permitiría la existencia de un riesgo sanitario. El hecho es que en muchos sistemas de agua existen riesgos sanitarios, aun cuando se emplee personal competente. La operación diaria de un sistema de agua incluye muchas responsabilidades, además de las de producir y tratar el agua. En muchos casos, el operador del sistema de agua también opera el sistema de aguas residuales y mantiene las calles y los terrenos. Sin embargo, el inspector ha venido al sistema de agua con una misión en mente: inspeccionar cuidadosamente el sistema de agua e identificar riesgos sanitarios existentes y potenciales. Una vez que se identifica un problema y se le explica al operador competente, éste tratará el problema de inmediato y con una perspectiva de largo plazo.

2. Asistencia técnica (AT) y capacitación

Los sistemas de agua, especialmente los públicos, usualmente incumplen la ley de manera involuntaria. La mayoría quisiera estar dentro de la ley, pero pueden requerir asistencia para determinar la causa de sus problemas y para establecer un plan de acción correctiva a fin de cumplir con la ley. Esta asistencia a menudo toma la forma de capacitación y asistencia

técnica en el lugar. En muchos estados, la combinación de capacitación y asistencia técnica dentro de una estrategia integral de verificación del cumplimiento de la ley ha resultado ser el método más efectivo para lograr y mantener el cumplimiento y promover una asociación entre el sistema de agua, el ente regulador y los proveedores de capacitación o asistencia técnica. La asistencia técnica, en relación con las inspecciones sanitarias, significa brindar enfoques para analizar y resolver los problemas que contribuyan a los riesgos sanitarios.

Fuentes de AT

Los recursos de la asistencia técnica varían según el lugar y pueden tomar muchas formas y enfoques. Muchos estados han desarrollado un medio por el cual pueden brindar asistencia a un sistema de agua, ya sea por solicitud o por referencia a un inspector de la inspección sanitaria. En la mayoría de los estados, el organismo líder del sector proporciona alguna forma de asistencia técnica. A menudo, los inspectores de campo proporcionan listas de recursos, referencias y otras formas de asistencia técnica general. Muchos estados tienen un centro estatal de capacitación ambiental u otras organizaciones que pueden brindar asistencia técnica más específica para resolver los problemas. Los servicios privados de consultoría también están disponibles en la mayoría de los estados.

Enfoque de la AT

Brindar asistencia técnica es tan importante como la información proporcionada. A menos que la solución sea obvia, se debe brindar asistencia técnica solo después de haber inspeccionado todo el sistema. Existen dos razones para este enfoque. Primero, el objetivo de la inspección es evaluar todo el sistema de agua. Si los inspectores dedican mucho tiempo a tratar de determinar las causas de los problemas, cambian el objetivo principal y pueden pasar por alto un riesgo sanitario grave. Aislar la causa de un problema puede tomar mucho tiempo y puede ser difícil sin un muestreo y apoyo analítico. Los operadores competentes ya habrán evaluado y descartado las causas más comunes de los problemas. La segunda razón para inspeccionar todo el sistema es que pueden haber condiciones en el mismo que contribuyan a los problemas. En consecuencia, se debe examinar todo el sistema antes de emitir una opinión.

Responsabilidad

Los inspectores deben hacer sus recomendaciones de manera realista de acuerdo con su experiencia y conocimiento del problema. Si se brinda información errónea, se puede producir una pérdida de dinero, tiempo y credibilidad y el riesgo sanitario continuará. La asistencia técnica que agrava el problema en lugar de solucionarlo es muy perjudicial. Los inspectores con experiencia limitada deben recurrir al personal más

experimentado. La asistencia técnica incorrecta que no corrige el problema puede tener consecuencias que van desde la pérdida de credibilidad hasta problemas con la autoridad en lo referente a medidas correctivas. Debe haber intercambio de información técnica entre operadores e inspectores. Los inspectores indicarán los problemas sanitarios al operador, discutirán su importancia y si están seguros de la medida para resolver el problema, deben brindar asistencia técnica.

3. Evaluación integral del rendimiento (EIR)

Una forma de asistencia técnica específica para sistemas de agua superficial incluye la evaluación integral del rendimiento (EIR) del proceso de tratamiento para determinar las insuficiencias y los factores que limitan la eficiencia. La información generada por la EIR se complementa con un programa de asistencia técnica integral (ATI). La EIR identifica y otorga prioridad a las deficiencias y la ATI intenta corregir cada deficiencia. Este enfoque combinado de EIR y ATI también se conoce como programa de corrección compuesto (PCC). La implementación del PCC es una actividad que demanda tiempo y a menudo requiere evaluaciones diarias en el lugar y una asistencia técnica estrecha, así como inversiones.

Uso de banderas rojas

La inspección sanitaria a menudo genera datos e información que identifican a una planta de tratamiento como candidata potencial a un proceso de PCC. La inspección sanitaria considera las mismas áreas (si bien en un menor grado que la EIR) pero también brinda una visión más integral de todo el sistema de agua desde la fuente hasta el punto de distribución. Gran parte de la información generada por la inspección sanitaria será incorporada a la EIR. Las áreas y condiciones bajo las cuales funciona este enfoque integral se enfatizan a lo largo del texto. Los indicadores o banderas rojas que sirven para identificar las condiciones de una planta y que la hacen candidata para una EIR son los siguientes:

Ejemplos de banderas rojas

(Véase también el capítulo 6: Procesos de tratamiento de agua)

1) Carga hidráulica

Sobrecarga hidráulica de los procesos unitarios.

Tasa máxima de caudal hidráulico durante periodos cortos.

Fuertes incrementos en el flujo total de la planta.

2) Dosificación de compuestos químicos

No se dispone de curvas de calibración para bombas dosificadoras de compuestos químicos.

El operador no puede explicar cómo las sustancias químicas, por ejemplo, los polímeros, se diluyen antes de su aplicación.

El operador no sabe cómo se determinan las diversas dosis de los insumos químicos.

El operador no ajusta la dosificación a las condiciones variables de la calidad del agua cruda.

El operador no puede calcular la dosificación (por ejemplo, no sabe convertir una dosis en mg/l a lb/día o ml/min para fijar la dosis adecuada).

Las sustancias químicas se usan en combinaciones que tienen efectos perjudiciales sobre el rendimiento de la planta. Un ejemplo es la práctica de dosificar con cal y alumbre en el mismo punto sin considerar el pH óptimo para la coagulación con alumbre.

Las tasas de dosificación no se ajustan cuando cambian la tasa de caudal de la planta.

No se usan coagulantes químicos cuando la turbiedad del agua cruda es baja (por ejemplo, menos de 0,5 a 1,0 UNT).

3) Mezcla rápida

El mezclador rápido se rompe o se retira del servicio intencionalmente (por ejemplo, para ahorrar la energía ya que «no contribuye al rendimiento»).

4) Floculación

No se ajusta la variación de la velocidad de floculación (es decir, es la misma que cuando se construyó la planta).

5) Sedimentación

No se remueve periódicamente el lodo de los tanques de sedimentación.

6) Filtración

No se monitorea el rendimiento individual de los filtros.

Se incrementa rápidamente la tasa de caudal global de la planta sin considerar la calidad del agua filtrada.

No se monitorea el rendimiento de los filtros después del lavado a contracorriente o retrolavado.

Los filtros se retiran del servicio sin reducir la tasa de caudal de la planta, lo cual hace que el caudal total de la planta se dirija a los filtros restantes.

No existe una justificación clara para determinar la frecuencia del lavado, duración o tasa de caudal del filtro.

Los filtros se operan durante extensos periodos entre los retrolavados.

Los operadores lavan los filtros a contracorriente solo cuando se incrementa la turbiedad del efluente.

Los filtros tienen menos medio filtrante que el especificado, hay daños en el drenaje inferior o en la grava de soporte del filtro o acumulación significativa de lodo en las paredes: estas condiciones no las conoce el personal operativo ya que no hay ningún tipo de revisión rutinaria de los filtros.

Durante el retrolavado se observan problemas obvios en la distribución del agua de lavado.

No se puede describir la finalidad ni función del dispositivo de control de la tasa de caudal.

Los dispositivos de control del caudal no funcionan adecuadamente.

7) Monitoreo y control del proceso

No se practican las pruebas de jarras ni otros métodos (por ejemplo, monitoreo del caudal, potencial zeta o filtro piloto) para el control de la coagulación.

El operador no sabe cómo preparar una solución madre para la prueba de jarras ni administrar diversas dosis de sustancias químicas a las jarras.

La única prueba que se realiza es la de turbiedad del agua cruda (diaria) y del agua tratada que se recolecta diariamente del tanque o reservorio de distribución.

La turbiedad del agua sedimentada no se mide rutinariamente (por ejemplo, una vez por turno).

No se realizan muestras aisladas del agua filtrada.

No existen registros que documenten el rendimiento de los procesos de la unidad de filtración ni sedimentación.

Reglamentos para el agua de bebida

Los reglamentos para el agua de bebida hacen referencia a la ubicación de los puntos de muestreo, frecuencia, registros, etc. que se deben cumplir y que se verifican durante la inspección sanitaria. Pueden haber otros requisitos, tales como el reclutamiento de personal, cumplimiento de los estándares nacionales de seguridad, cumplimiento de las condiciones establecidas por una variación, excepción o sentencia que pueden revisarse durante la inspección sanitaria. El inspector debe ser capaz de cumplir con los siguientes objetivos.

Objetivos del aprendizaje

Al final de este capítulo, los participantes deben ser capaces de:

- Definir la inspección sanitaria según se especifica en los reglamentos nacionales y explicar la naturaleza integral de las inspecciones sanitarias.
- Explicar la importancia de realizar un cálculo exacto de la población atendida por el sistema y el número de servicios.
- Determinar si un sistema de agua es público y sujeto a los reglamentos nacionales.
- Explicar la importancia y determinar si el sistema ha modificado sus fuentes, sistema de tratamiento o distribución sin aprobación estatal.
- Describir los requisitos que deben cumplirse en el lugar para las diversas disposiciones vigentes, incluidos la ubicación, coliformes totales, tratamiento de agua superficial, plomo y cobre, contaminantes orgánicos e inorgánicos, reportes y registros.
- Determinar el cumplimiento de otros requisitos, como los de seguridad ocupacional.

Recolección de datos

Para evaluar el cumplimiento del sistema, el inspector debe revisar la siguiente información:

- cualquier infracción del límite máximo de contaminantes, de las técnicas de tratamiento y del reporte del monitoreo
- información actual sobre población atendida y número de servicios
- plan de ubicación de los puntos de muestreo
- variaciones o excepciones que se aplican al sistema
- cumplimiento de órdenes de reparación que se aplicaron al sistema
- documentación de la aprobación estatal para la instalación o cambios en el sistema.

Reglamentos y normas

El inspector debe revisar los siguientes reglamentos antes de la inspección:

- norma nacional de calidad del agua
- reglamentos nacionales y estándares específicos, si los hubiera
- normas o guías de diseño
- normas sobre seguridad ocupacional, si las hubiera.

Reglamentos para el agua de bebida

Información básica

Al presente manual se le debe adosar una copia de la **“Norma nacional sobre calidad de agua para consumo humano”**, que esté vigente en el país.

Esa norma incluirá los parámetros seleccionados con sus “valores máximos” o “límites máximos permisibles” o “nivel máximo de contaminantes” (como la norma los haya denominado); si bien podrá tener solamente el listado con los parámetros y sus valores, es importante que tenga la fecha de promulgación y vigencia, una descripción de sus características, su historia, la forma de promulgación, los alcances y la forma de aplicación.

En algunos países existe una norma federal y los estados o provincias elaboran sus normas propias. Si este fuera el caso, las normas provinciales o estatales no deberían ser más flexibles que la norma federal; es decir, ningún reglamento puede ser menos estricto que la norma nacional.

Si bien no todas las normas siguen el mismo criterio o arreglo, algunas (como la de los Estados Unidos) presentan una serie de requisitos primarios y otros secundarios.

Requisitos primarios:

Las normas o reglamentos provinciales o estatales no deberán ser menos estrictos que la norma nacional

- Deben incluir los parámetros más importantes relacionados con la salud humana, las concentraciones máximas de contaminantes permitidas y la frecuencia para su monitoreo
- Deben considerar los criterios de autoridad y procedimientos adecuados de vigilancia
- Deben prever el mantenimiento de un inventario de los sistemas públicos de agua.

Requisitos secundarios:

Son los que controlan los contaminantes que afectan principalmente la calidad estética relacionada con la aceptación pública del agua de bebida. La provisión de agua no atractiva para los sentidos es motivo de preocupación porque puede hacer que los usuarios busquen un suministro alternativo que podría resultar insalubre. Además, si hay altas concentraciones de contaminantes, pueden existir implicaciones de salud, así como un deterioro estético.

Sistemas públicos de agua (SPA)

Las normas nacionales de calidad de agua se aplican en los países a todas las aguas consumidas por la población y que provienen de sistemas centralizados. Esta provisión se da a través de redes de distribución de distinto tipo y longitud.

Dependiendo del país, una norma nacional también puede aplicarse a sistemas más reducidos utilizados por un número considerable de usuarios. Dependerá del caso en particular para que el mismo sea tomado en cuenta para la inspección a fin de verificar si cumple con la reglamentación.

Al respecto y como una guía, cabe mencionar la clasificación que se hace en los Estados Unidos sobre los distintos tipos de sistemas públicos de provisión de agua, en donde se mencionan sistemas comunitarios y no comunitarios, transitorios y no transitorios.

Sistemas públicos de agua (SPA)

Definición de un SPA

Los sistemas públicos de agua se definen como sistemas de suministro de agua entubada para consumo humano si tienen al menos 15 conexiones de servicio o atienden por lo menos a 25 personas 60 días en un año. Este término incluye la captación, tratamiento, almacenamiento y distribución bajo control del operador del sistema en conexión con ese sistema y cualquier instalación de captación o tratamiento que no esté bajo ese control pero que se use principalmente en conexión con dicho sistema.

Sistemas de agua comunitarios

Los sistemas de agua comunitarios atienden a una población residencial todo el año.

Sistemas de agua no comunitarios

Los sistemas de agua no comunitarios no atienden a poblaciones residenciales. Los sistemas transitorios no comunitarios pueden atender a usuarios por periodos breves, como sucede en los restaurantes, estaciones de gasolina y campamentos.

Sistemas no comunitarios, no transitorios

Los sistemas de agua no comunitarios, no transitorios tampoco atienden a poblaciones residenciales; sin embargo, cubren al menos a 25 personas durante seis meses al año en forma permanente. Las escuelas, fábricas, etc. estarían dentro de esta definición.

Inspección sanitaria y reglamentos

La inspección sanitaria puede definirse como sigue:

“Revisión de la fuente de agua, instalaciones, equipo y O&M de un sistema público de agua para evaluar su adecuación para la producción y distribución de agua de bebida segura”.

Claramente, la definición implica una revisión integral de todo el sistema de agua, desde la fuente hasta el tratamiento y distribución, incluida la O&M de todas las instalaciones del sistema.

Otras actividades de la inspección

Además de evaluar el sistema, la inspección sanitaria también debe considerar otros factores del cumplimiento de las normas de calidad del agua. Estos aspectos pueden incluir:

¿El sistema es en realidad un sistema público de agua como se define en las normas? ¿Es correcta la información sobre población y número de servicios? ¿Los contaminantes apropiados se monitorean en el lugar adecuado? ¿Se usan procedimientos analíticos apropiados para parámetros como el cloro y turbiedad? ¿Se cumplen las diversas disposiciones sobre los métodos de tratamiento? ¿Se cumplen los requisitos del registro? ¿El sistema ha hecho modificaciones sin aprobación estatal? ¿Se usan las sustancias químicas y revestimientos aprobados por el estado? ¿El sistema cumple con las condiciones establecidas para las variaciones, excepciones o sentencias? ¿Se cumplen otros requisitos, como el reclutamiento de operadores certificados? ¿Se cumplen los requisitos estatales para otras actividades, como la desinfección de cañerías, control de conexiones cruzadas, conservación del agua, etc.? ¿Existen laboratorios certificados para el monitoreo? ¿Los laboratorios estatales y locales tienen la capacidad requerida?

Cumplimiento de requisitos y actividades de campo

Información de oficina y de campo

Para determinar de manera eficiente el cumplimiento del sistema con los diversos requisitos reglamentarios, el inspector debe depender de la información disponible en la oficina y la recolectada en el campo. Los informes, correspondencia, estudios de ingeniería y datos de monitoreo son fuentes importantes para determinar si el sistema cumple con la ley y por lo general, están disponibles en la oficina para su revisión y evaluación.

Objetivos del curso

Uno de los objetivos de este curso es brindar instrucción sobre las actividades que debe realizar el inspector en el campo y la información que debe recolectar durante la inspección sanitaria para ayudar a cumplir con los requisitos. Seguidamente se discuten esas actividades.

Población atendida

Dos de los datos más importantes para la inspección sanitaria son el número de personas atendidas por el sistema y el número de servicios.

La población atendida es un factor que determina la frecuencia de muestreo en varios reglamentos. Estos incluyen coliformes totales, plomo y cobre, sustancias inorgánicas, trihalometanos (THM) y la norma para el tratamiento de agua superficial (NTAS).

La mayoría de los sistemas de agua sabrá con precisión cuántos servicios individuales tiene, pero no necesariamente la población que cubre. Algunos estados usarán un factor multiplicado por el número de servicios para estimar la población. Durante la inspección, el inspector debe determinar si los registros estatales sobre población y número de servicios están actualizados.

Requisitos de ubicación

Se debe notificar al estado antes de construir un nuevo sistema de agua o antes de incrementar la capacidad del sistema existente. Además, el sistema debe evitar las áreas sujetas a terremotos, inundaciones e incendios.

El inspector debe estar alerta a cualquier cambio hecho sin aprobación estatal. Se deben evaluar las instalaciones, en particular, los pozos sujetos a inundaciones. El inspector debe recomendar medidas en caso de que las instalaciones estén ubicadas en áreas propensas a inundaciones.

Requisitos para los coliformes totales

Plan de los lugares de muestreo

La norma para calidad del agua requiere que un sistema de agua tenga un plan de los lugares de muestreo para coliformes totales. El inspector debe verificar que se aplique el plan aprobado. La norma debe exigir recoger muestras “representativas de todo el sistema de distribución de agua”. La norma también debe contener un cuadro con el número mínimo de muestras requeridas basadas en la población atendida.

Durante la revisión del plan de los sitios de muestreo, se debe observar si se requieren más muestras que las mínimas para que sean “representativas”. Algunos de los aspectos que se deben considerar son el tiempo de contacto mínimo del cloro para el primer consumidor, el máximo tiempo de residencia en el sistema, las fuentes múltiples, tanques de almacenamiento, áreas de baja presión, capas biológicas y conexiones cruzadas.

Frecuencia del muestreo

La norma de calidad del agua debe señalar la frecuencia del muestreo, lo que deberá ser respetado.

Norma para el tratamiento de aguas superficiales

Requisito general

Si bien es factible que no exista una norma específica para este tema, se deben considerar los aspectos que se detallan a continuación.

Los requisitos del tratamiento para la filtración y desinfección del agua superficial y subterránea bajo la influencia directa del agua superficial exigen la instalación y operación adecuada de los procedimientos que logran la remoción o inactivación de 99,9% de *Giardia* y de 99,99% de virus.

Prevención de la recontaminación

El agua no debe estar sujeta a la recontaminación por aguas superficiales después del tratamiento, como puede suceder con un tanque de almacenamiento de agua tratada que no esté tapado adecuadamente. Durante la inspección sanitaria, el inspector debe verificar que el agua tratada no esté sujeta a la recontaminación por aguas superficiales.

Primer consumidor

Los requisitos de remoción o inactivación deben cumplirse antes del primer consumidor. En muchos casos, el primer consumidor es la planta de tratamiento misma. En algunos casos, se puede agregar un nuevo primer consumidor al sistema. El inspector debe identificar al primer consumidor y asegurar que se cumplan para él los requisitos para la remoción o inactivación.

Personal capacitado

Es importante que cada sistema sea operado por personal calificado, lo cual debe verificarse durante la inspección.

Aguas subterráneas bajo influencia directa

Durante la inspección, el inspector debe evaluar cualquier factor que pudiera alterar la condición de que el agua subterránea no esté influenciada por el agua superficial. Esto puede incluir una fuente sujeta a inundación o la alteración del cauce de un arroyo cerca de un pozo que pudiera modificar la calidad del agua.

Inspección en el lugar

La inspección en el lugar incluye:

- efectividad del control de cuencas
- condición de la captación
- instalaciones y O&M de la desinfección
- registros de operación
- efectividad de la desinfección
- mejoras requeridas
- brotes de enfermedades transmitidas por el agua
- cumplimiento de las normas de calidad del agua, con énfasis en la calidad microbiológica.

Desinfección de sistemas sin filtración

Para sistemas que desinfectan sin filtración, toda inactivación debe lograrse solo a través de la desinfección. Los valores de CT (concentración por tiempo) se especifican en la norma que debe ser cumplida para el primer consumidor.

El sistema de desinfección debe tener componentes alternos, incluidas las alarmas para asegurar la desinfección continua o el cierre automático del suministro de agua para la distribución.

Sistemas con y sin filtración

El efecto residual del desinfectante que entra al sistema no puede ser menor de 0,2 mg/L por más de 4 horas y debe ser monitoreado continuamente, excepto en sistemas que abastecen a menos de 3.300 personas, donde se pueden tomar muestras puntuales.

Efecto residual en el sistema de distribución

Aunque depende de lo que se estipule en la norma de calidad del agua, se recomienda que el efecto residual del desinfectante en el sistema deba detectarse en 95% de las muestras tomadas en el sistema. Durante la inspección sanitaria, el inspector debe comprobar el cumplimiento de todas las condiciones para la desinfección y la medición del efecto residual en los lugares adecuados del sistema de distribución. Las técnicas de análisis también se deben ajustar a la norma.

Requisitos de la filtración

Medición de la turbiedad

El inspector debe verificar que se hagan las mediciones de turbiedad requeridas, que los resultados sean exactos y confiables y que la frecuencia de muestreo, lugares y procedimientos analíticos sean los apropiados.

O&M

Verifique que las instalaciones de filtración estén operadas y mantenidas adecuadamente.

Requisitos de la turbiedad

Los criterios mínimos para la turbiedad se establecen en las normas para los diversos métodos de filtración. Sin embargo, independientemente del método de filtración, el nivel de turbiedad del agua filtrada nunca debe ser de más de 5 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

Filtración convencional y directa

Algunas normas establecen que la turbiedad del agua filtrada mediante filtración convencional o directa debe ser menor o igual a 0,5 UNT en 95% de las mediciones tomadas cada mes.

Criterio del estado

Otros criterios permiten niveles menores o iguales a 1 UNT en 95% de las mediciones según el caso. Si se permiten niveles >0,5 UNT en el sistema inspeccionado, se debe verificar que el sistema cumpla con todas las condiciones establecidas por el estado, como la desinfección continua.

Filtración lenta de arena

En los sistemas que usan filtros lentos de arena, la turbiedad del agua filtrada debería ser menor o igual a 1 UNT en 95% de las mediciones tomadas cada mes.

Criterio del estado

Según el criterio del estado, se puede permitir un nivel más alto según el caso. Se calificará para esta exoneración si el efluente del filtro cumple los límites para coliformes totales a largo plazo antes de la desinfección y si la turbiedad no excede 5 UNT. Si el estado permite que el sistema exceda 1 UNT, se debe verificar que se cumplan esas condiciones.

Filtración con tierra diatomea

En sistemas que aplican filtración con tierra diatomea, la turbiedad del agua filtrada debería ser menor o igual a 1 UNT en 95% de las mediciones tomadas cada mes.

Otros tipos de filtración

Las otras tecnologías de filtración y las tecnologías alternativas deben cumplir los criterios convencionales de turbiedad y los del tratamiento convencional y de filtración directa.

Norma para el plomo y cobre

Las normas (de existir), normalmente estipulan que los sistemas de agua deben preparar planes de control de la corrosión para la aprobación estatal. Es importante verificar que el sistema haya incluido el tratamiento requerido en el plan de control de la corrosión. Además, el inspector debe verificar que el proceso de tratamiento se opere y mantenga según el plan y que se cumplan todas las condiciones especificadas por el estado.

Trihalometanos

Solo los sistemas que cubren a una población de 10.000 o más y agregan un desinfectante deberían cumplir con la norma sobre THM y los requisitos del monitoreo. Esto se aplica a aguas superficiales y subterráneas.

En tal caso, se aconseja recolectar cuatro muestras trimestrales por cada planta de tratamiento y al menos 25% de las muestras deben tomarse en lugares con tiempo máximo de residencia. Los inspectores deben comprobar que el punto de muestreo para el tiempo máximo de residencia refleje el máximo real. Las muestras restantes se toman en 75% de los lugares representativos del sistema de distribución.

Modificaciones en el sistema para cumplir con el nivel máximo de trihalometanos

El sistema de agua debe obtener aprobación estatal antes de hacer cualquier modificación significativa en su proceso de tratamiento. Debe presentar un plan que describa las modificaciones y las medidas preventivas que implementará para asegurar la calidad bacteriológica. El plan debe evaluar:

1. los defectos sanitarios
2. la calidad bacteriológica del agua en la fuente
3. la calidad inicial del agua en el sistema de distribución
4. el monitoreo adicional de la calidad del agua tratada después de cambios en el tratamiento
5. el mantenimiento del efecto residual del desinfectante en el sistema.

Sustancias inorgánicas y orgánicas

Para los contaminantes inorgánicos y orgánicos se requiere muestreo en los puntos de acceso a la distribución. Los inspectores deben comprobar el monitoreo apropiado de las fuentes, incluido el punto de acceso.

Asbesto

El monitoreo del asbesto, a menos que se exonere, debe realizarse en el grifo conectado a una tubería de asbesto-cemento.

Sustancias inorgánicas

Para las sustancias inorgánicas, el monitoreo se basa en factores que pueden afectar la concentración de los contaminantes. Estos incluyen cambios en la tasa de bombeo del agua subterránea, en la configuración del sistema, en los procedimientos operativos y en el flujo o características del agua. Durante la inspección sanitaria, el inspector debe determinar que no hayan ocurrido cambios que conllevarían a que el estado reconsidere la exoneración o reducción del monitoreo.

Sustancias orgánicas

El estado puede conceder exoneraciones para el monitoreo de sustancias orgánicas basado en la vulnerabilidad del sistema a la contaminación.

Exoneraciones

Las exoneraciones pueden basarse en el conocimiento del uso previo de un contaminante, incluido el transporte, almacenamiento o disposición. Si no se conoce el uso, las exoneraciones se pueden basar en la resistencia de las fuentes a la contaminación y en la protección de pozos o cuencas.

Estos factores deben evaluarse durante la inspección sanitaria para determinar si las condiciones han cambiado, lo que haría que el estado reconsidere una exoneración previamente concedida o se niegue a dar una nueva exoneración.

Aditivos directos e indirectos

Contaminantes no reglamentados

Durante la inspección sanitaria, es importante estar alerta respecto a los contaminantes no estipulados en las normas nacionales. De interés específico son los contaminantes que pueden ser añadidos en la captación, tratamiento, almacenamiento o distribución del agua de bebida.

Tratamiento, sustancias químicas y revestimientos

Las sustancias químicas y revestimientos en contacto con el agua de bebida deben estar certificados y cumplir las normas consensuales de la industria para el contacto o tratamiento del agua. La certificación misma puede estar a cargo de un organismo aprobado por el estado para que realice pruebas y certifique que los productos cumplen con la norma.

Coadyuvantes de la coagulación

Algunas normas establecen límites para dos contaminantes que pueden encontrarse en polímeros orgánicos usados en la coagulación y la filtración. El sistema de agua debe certificar al estado anualmente y por escrito que la dosis y el nivel de monómeros no exceden lo siguiente:

acrilamida = 0,05% dosificada a 1 ppm

epiclorohidrina = 0,01% dosificada a 20 ppm.

Durante la inspección, el inspector debe asegurarse de que el sistema cumpla con este requisito.

Aditivos indirectos

Algunas normas tratan sobre los aditivos indirectos. Esta categoría incluye a los productos que entran en contacto con el agua de bebida o con sustancias químicas del tratamiento, tales como medios filtrantes, revestimientos, forros, solventes, empaques, materiales de soldadura, tuberías, accesorios, válvulas, cloradores y membranas de separación. Los productos que cumplen con cualquiera de las normas se identifican como tales en el producto o envase. Las listas de productos certificados se obtienen de los organismos de certificación.

Mantenimiento de registros

Si bien las normas pueden no especificar detalladamente cómo y hasta cuándo se deben mantener los registros, el siguiente esquema representa una buena práctica.

Registros requeridos

Registros	Periodo
Análisis bacteriológico	5 años
Análisis químico	10 años
Medidas para corregir infracciones	3 años
Informes de inspecciones sanitarias	10 años
Variaciones o excepciones	5 años
Resultados de la turbiedad	10 años
Datos sobre cobre y plomo	12 años

Durante la inspección se pueden revisar estos registros disponibles en el sistema de agua.

Otros registros

Además de los registros requeridos por la reglamentación federal, el sistema de agua debe mantener otros registros para asegurar la O&M continua y adecuada del sistema. Estos incluyen mapas del sistema, datos de calidad del agua de la fuente, tratamiento y distribución, etc.

Integridad de los datos

Durante la inspección sanitaria se debe evaluar la disponibilidad y seguridad de los registros. La norma y los reglamentos promulgados en conformidad con la Ley permiten que el sistema de agua haga el monitoreo y reporte de los resultados para demostrar el cumplimiento de los reglamentos. Las consecuencias del incumplimiento pueden ser sentencias, sanciones, etc. Los errores en la información reportada al estado pueden deberse a fallas en los procedimientos de prueba y a los instrumentos mal calibrados. Durante la inspección, el inspector debe estar alerta a los errores de los datos, intencionales o no intencionales.

Variaciones, excepciones y sentencias

Las variaciones, excepciones y sentencias incluirán disposiciones que requieren que el sistema público de agua cumpla con ciertas condiciones. Por lo general, se establecen fechas para el cumplimiento. Se puede usar la inspección sanitaria para determinar el progreso del sistema en el cumplimiento de esas condiciones. Las inspecciones sanitarias también pueden usarse para determinar, caso por caso, la necesidad y las posibles condiciones de una variación, excepción o sentencia.

Preguntas para determinar el cumplimiento de los requisitos y los riesgos sanitarios

1. ¿La información de los archivos estatales es exacta en cuanto a población atendida y número de servicios?
2. ¿La información sobre la condición del sistema es correcta, es decir, es un sistema de tipo comunitario, transitorio, etc.?
3. ¿El sistema cumple con las diversas disposiciones de los Reglamentos Nacionales Primarios para el Agua de Bebida, incluidos la ubicación de las instalaciones, monitoreo de coliformes, filtración, desinfección, control de la corrosión, del plomo y cobre, contaminantes orgánicos e inorgánicos, aditivos directos e indirectos y mantenimiento de registros?
4. ¿El sistema ha hecho modificaciones en la fuente, proceso de tratamiento, sustancias químicas o sistema de distribución sin aprobación estatal?
5. ¿El sistema usa sustancias químicas y revestimientos aprobados?
6. ¿El sistema cuenta con operadores capacitados?
7. ¿Se mantienen registros apropiados?
8. ¿El sistema cumple con las condiciones establecidas en las variaciones, excepciones o sentencias?

Fuentes de agua

La fuente del sistema público de agua es el primer elemento en el enfoque de barreras múltiples para la prevención de enfermedades transmitidas por el agua. Durante la inspección sanitaria, los inspectores deben determinar la seguridad, adecuación y confiabilidad de la fuente.

Objetivos del aprendizaje

Al final de este capítulo, los participantes deben ser capaces de:

- Evaluar la seguridad, adecuación y confiabilidad de la cantidad y calidad de las fuentes de agua subterránea y superficial.
- Evaluar la adecuación de la protección de la fuente de agua.
- Revisar los componentes claves del suministro de agua subterránea y superficial.
- Identificar los datos claves requeridos para determinar los potenciales riesgos sanitarios.
- Reconocer los riesgos sanitarios asociados con las instalaciones, operaciones, mantenimiento, manejo y plan de contingencia.
- Identificar la construcción inapropiada de pozos e instalación de equipo.
- Evaluar la adecuación de la captación de agua superficial y accesorios.
- Evaluar la adecuación de las instalaciones de captación de agua de lluvia y manantiales, operación y mantenimiento.
- Evaluar la adecuación de las tuberías de conducción del agua.
- Determinar el cumplimiento de los reglamentos nacionales, estatales y locales.

Recolección de datos

Por lo general, se deben recolectar datos suficientes para que el inspector evalúe la seguridad, adecuación y confiabilidad del sistema sometido a inspección. Por ejemplo, los datos sobre calidad del agua no tratada ayudan a evaluar la seguridad de la fuente; los recuentos altos de coliformes o turbiedad del agua cruda pueden indicar problemas en la calidad de la fuente y pueden ayudar a determinar si los reglamentos se cumplen. La información sobre la producción segura y la demanda del sistema es importante para evaluar la adecuación del sistema respecto a la demanda de agua. Los datos específicos que se deben recolectar se incluyen en las siguientes consideraciones de la inspección sanitaria.

Reglamentos y normas

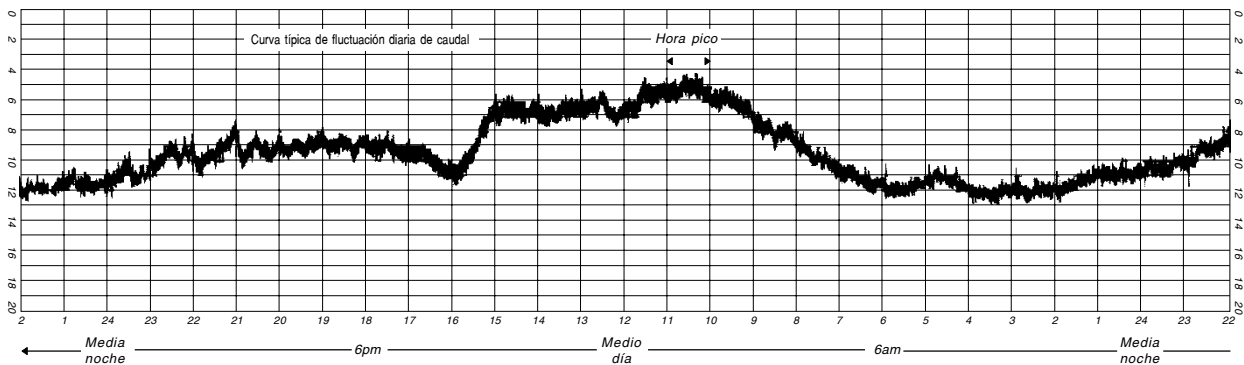
La mayoría de los requisitos reglamentarios para los sistemas públicos de agua se centran en la calidad del agua que ingresa al sistema de distribución. Sin embargo, el tipo y calidad de agua de la fuente son una parte principal de la norma para el tratamiento de aguas superficiales. El cumplimiento de las normas para la desinfección de aguas subterráneas, recolección de información, desinfectantes y subproductos de la desinfección, también dependerán de la calidad y tipo de fuente.

Fuentes de agua

Cantidad de agua

Importancia de la evaluación

El inspector debe evaluar la capacidad del sistema para satisfacer la demanda de los componentes del sistema de abastecimiento de agua. Cuando la demanda excede la capacidad de tratamiento, puede ingresar agua tratada inadecuadamente al sistema de distribución. De manera similar, cuando la demanda excede la capacidad de la fuente de abastecimiento, conducción, bombeo, tuberías de distribución o almacenamiento, puede afectar el caudal o presión del sistema. El caudal o presión inadecuado afecta el uso del agua por el consumidor, obstaculiza la capacidad de control de incendios y permite el ingreso de agua no potable al sistema a través de conexiones cruzadas. Los cortes prolongados del servicio de agua representan un riesgo para la salud pública.



Guía

Cada estado tiene una guía para estimar la demanda diaria promedio para diversos tipos de establecimientos, en galones o litros por día y por persona, a menos que se indique lo contrario. (Por ejemplo en Puerto Rico se utilizan 100 galones/día x habitante en zonas urbanas y 60 galones/día x habitante en zonas rurales) (380 y 228 L/día x habitante). Esta guía puede ser útil para evaluar la demanda de sistemas pequeños. Se aconseja al inspector revisar la información local sobre sistemas de agua que abastecen a establecimientos de tamaño similar. Los requisitos estatales y locales pueden variar. Se debe considerar el riego frecuente de césped, mantenimiento de piscinas, agua para fines comerciales e industriales, agua de enfriamiento, control de incendios, etc.

Riesgos sanitarios

Cantidad

1. ¿Cuál es la capacidad total de producción del proyecto?

La comparación de esta cifra con la demanda actual permite al inspector determinar si la capacidad de la fuente es adecuada.

2. ¿Cuál es la producción diaria promedio actual?

La comparación de esta cifra con los valores de otros sistemas similares sobre una base per cápita puede identificar problemas dentro del sistema. Una evaluación de las tendencias diarias promedio de la producción también puede indicar problemas. Por ejemplo, si el consumo es mayor que en sistemas similares clasificados por tamaño o si las tendencias de producción se incrementan sin un aumento correspondiente de la población o uso, se puede pronosticar una pérdida excesiva en el sistema de distribución.

3. ¿Cuál es la producción diaria máxima?

Esta cifra debe compararse con la capacidad de diseño de los componentes principales del sistema. Se puede revisar los registros de operación del día de la demanda máxima para determinar el rendimiento de la fuente, tratamiento y sistema de distribución en condiciones de estrés.

4. ¿La producción de agua segura es suficiente para cumplir con las demandas actuales y futuras?

Si la producción diaria promedio se acerca o excede la capacidad de diseño de los principales componentes del sistema (por ejemplo, el rendimiento seguro de las fuentes de abastecimiento o el bombeo y conducción del agua cruda, tratamiento, bombeo del agua tratada, almacenamiento y fuentes adicionales), tal vez se requiera mayor inversión.

5. ¿El volumen de agua de la fuente es adecuado?

Para responder a esta pregunta, el inspector debe determinar si la fuente es adecuada para cumplir con las demandas presentes y futuras. La fuente debe poder satisfacer de manera continua las demandas del sistema. Es importante observar si existe una tendencia decreciente en la cantidad de agua. Los registros de operación deben brindar esa información.

6. Si se requieren permisos, ¿la instalación opera dentro de los límites? ¿se dispone de permisos?

Algunos estados requieren que los sistemas tengan permisos de operación. Además, los sistemas que

descargan residuos al agua subterránea o superficial pueden requerir permisos de la entidad correspondiente para hacerlo.

7. ¿El sistema opera con un medidor de caudal patrón?

Sin un medidor de caudal operativo y calibrado, es difícil que la empresa monitoree con exactitud la producción.

8. ¿Cuántas conexiones de servicio existen?

Esta cifra brinda al inspector una idea del tamaño del sistema; es decir, del número total de viviendas y negocios cubiertos por el sistema. No debe incluir las conexiones a lotes vacíos.

9. ¿Se mide el servicio?

Esto permite hacer un balance del agua. También existe una correlación entre el servicio medido y la conservación del agua. Si el servicio se mide, el consumo per cápita generalmente es menor que en un sistema no medido.

10. ¿El sistema está interconectado con sistemas vecinos o tiene un plan de contingencia para cortes de agua?

Es importante que el sistema tenga un plan para manejar los cortes de agua a fin de corregir las causas. Las interconexiones solo deben hacerse con fuentes aprobadas. Además, se debe disponer de suministros de emergencia durante cortes prolongados.

11. ¿El sistema tiene fuentes de reserva?

Muchos estados requieren que los sistemas comunales de agua que usan agua subterránea tengan al menos dos fuentes de suministro en caso se pierda una.

12. ¿Existen fuentes abandonadas, sin usar o auxiliares?

Las fuentes de agua superficial físicamente conectadas al sistema de agua representan una amenaza de contaminación del agua tratada. Las fuentes abandonadas deben desconectarse físicamente. Las perforaciones abandonadas o sin usar deben sellarse adecuadamente para prevenir la contaminación del acuífero.

Calidad del agua

Proximidad a fuentes contaminantes La proximidad de la fuente de agua al alcantarillado, lugares de disposición de residuos de tanques sépticos, proyectos de construcción, pastoreo de animales, tierras cultivadas con productos químicos, áreas de almacenamiento de sustancias químicas (como productos derivados del petróleo) aumentan la probabilidad de contaminación. Otras fuentes de contaminación son naturales, tales como el impacto de la escorrentía de inundaciones, la composición química del suelo y rocas (por presencia de hierro, manganeso u otros) o descomposición de la sustancia orgánica.

Sustancias que alteran la calidad Las sustancias que alteran la calidad del agua a medida que fluye por encima o debajo de la superficie terrestre pueden ser clasificadas como:

- orgánicas
- inorgánicas
- biológicas
- radiológicas.

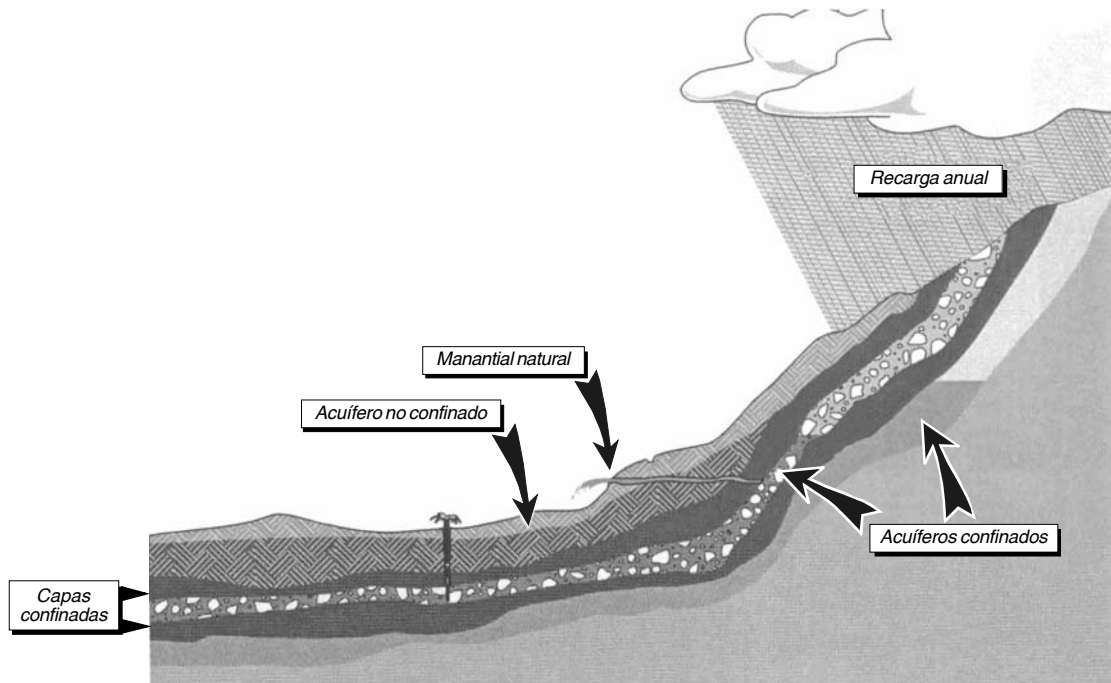
Fuentes de impurezas

Las impurezas en las aguas naturales dependen en gran medida de las condiciones de la fuente y sus antecedentes. El agua que se convierte en agua subterránea recoge impurezas y posiblemente contaminación a medida que se filtra a través del suelo y la roca. Las fuentes de contaminación pueden incluir fugas del alcantarillado sanitario, sistemas sépticos, lugares de disposición de residuos y descargas accidentales. La incorporación de sales por disolución de minerales es común. La percolación natural del agua a través del suelo y del acuífero puede remover parte del material particulado, lo que unido a un periodo de retención relativamente largo en el suelo, a menudo ayudará a remover microorganismos. Sin embargo, ese largo tiempo de retención crea problemas en las aguas subterráneas, las cuales, una vez contaminadas, pueden requerir considerable tiempo y dinero para ser limpiadas.

Aguas subterráneas

Empresas pequeñas – Fuente principal

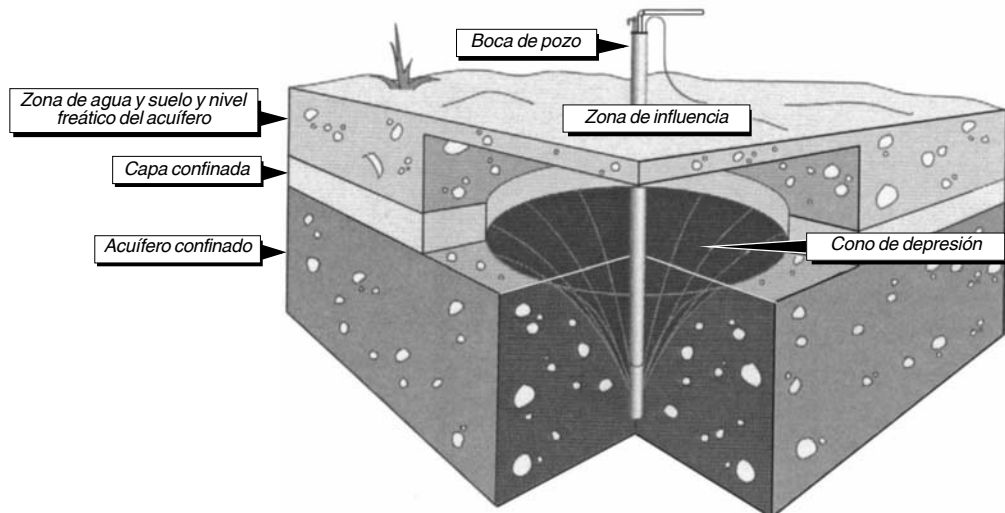
Las aguas subterráneas son la fuente principal para los sistemas pequeños. Por lo general, las aguas subterráneas tienen una calidad microbiológica mejor y más uniforme que las aguas superficiales por la purificación natural mediante el percolado y almacenamiento prolongados. Sin embargo, varios sistemas de agua subterránea se han visto afectados por el almacenamiento inadecuado de sustancias químicas y disposición de residuos. Por lo general, las aguas subterráneas requieren un tratamiento mínimo antes de su uso, mientras que las superficiales



necesitan generalmente un tratamiento extenso para la remoción o desinfección de *Giardia*, *Cryptosporidium* y virus. Además, las aguas subterráneas están fácilmente disponibles en la mayoría de zonas del país en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades de los pequeños sistemas de agua.

Clasificación de los acuíferos

Los acuíferos de aguas subterráneas pueden clasificarse como acuíferos **confinados** (o **artesianos**) o acuíferos **no confinados** (o **nivel de agua freática**). La distinción es importante en función de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación producida por el hombre. Un acuífero **confinado** es aquel donde el agua está limitada por una



capa superior e inferior de material impermeable llamado **acuicludo**. La arcilla o acuicludo es el material impermeable más común y forma una barrera natural cuando el agua migra hacia arriba o abajo de las aguas subterráneas. Esta barrera limita el movimiento descendente de contaminantes desde la superficie al acuífero confinado y protege los pozos y manantiales. Los acuicludos también restringen la migración de contaminantes de otros acuíferos por encima o por debajo del acuífero confinado. La protección de los acuíferos confinados hace que una fuente de agua sea relativamente invulnerable a la contaminación.

Contaminación de acuíferos no confinados

El acuífero **no confinado** está limitado solo por una capa de confinamiento inferior o acuicludo. Como resultado, la percolación de la precipitación e infiltración de agua proveniente de los arroyos, lagos y reservorios portan contaminantes de la superficie al acuífero. Por ende, los acuíferos no confinados se consideran vulnerables a la contaminación.

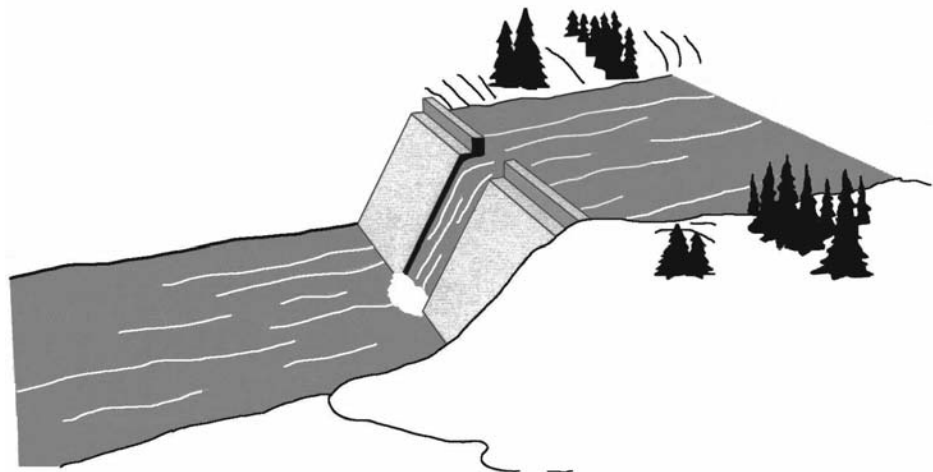
Aguas superficiales

Calidad

Debido a que las aguas superficiales están sujetas a la contaminación natural y artificial y que la calidad puede variar considerablemente con el tiempo, se requiere un tratamiento intensivo para garantizar su permanente seguridad. Por lo general, el tratamiento es más complejo que las aguas subterráneas y requiere O&M más diligente y costoso.

Embalses

Sin embargo, hay casos en que el agua superficial es la fuente del pequeño sistema de agua debido a la calidad deficiente o falta de aguas subterráneas. Se prefieren los lagos naturales, estanques o reservorios, antes que los arroyos ya que la calidad del agua es generalmente menos variable, lo cual reduce los extremos en la calidad.



Riesgos sanitarios

Calidad

1. ¿El sistema monitorea la calidad del agua no tratada?

El monitoreo del cumplimiento de los reglamentos del agua de bebida generalmente hace referencia al agua en el punto de acceso al sistema de distribución o en el sistema, es decir, el agua tratada. Sin embargo, los sistemas de agua también deben tener un programa apropiado de monitoreo de la calidad del agua cruda para rastrear los cambios en la calidad con especial atención a los periodos de alta escorrentía, sequía u otras condiciones estresantes.

2. ¿La calidad de la fuente es adecuada?

La respuesta se debe encontrar al revisar los registros de monitoreo. Del mismo modo que la cantidad, se debe observar cualquier tendencia de reducción de la calidad.

3. ¿El sistema usa la fuente de mejor calidad disponible?

Debido a que el monitoreo y análisis de la calidad del agua no miden todos los contaminantes potenciales, los sistemas deben seleccionar la fuente de mejor calidad disponible basados en el conocimiento de la calidad del agua y fuente potencial de contaminación.

4. ¿Existe una tendencia de reducción de la calidad del agua que sugiera la necesidad de una nueva fuente o cambios en el tratamiento futuro?

Los inspectores deben revisar las tendencias de calidad en el agua tratada y no tratada para determinar si el sistema debe considerar nuevas fuentes o agregar o cambiar el tratamiento.

5. ¿El monitoreo de la calidad de agua no tratada indica un riesgo sanitario inmediato?

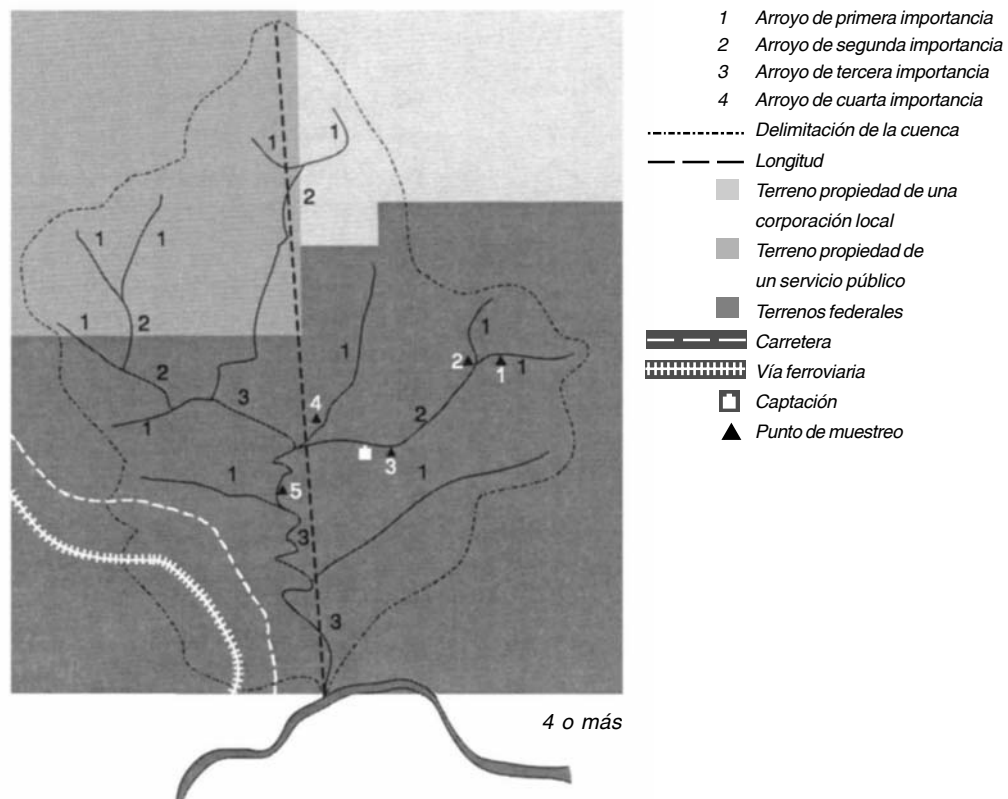
Durante la evaluación de las fuentes de agua subterránea, la ocurrencia de muestras positivas de coliformes sugiere la presencia de fallas sanitarias en el pozo que requiere atención inmediata.

Protección de la fuente

El inspector debe evaluar los esfuerzos del sistema de agua para proteger su propia fuente de abastecimiento. Los principios básicos de protección de la fuente se aplican independientemente de si el sistema tiene una fuente subterránea o superficial. En general, los sistemas deben seguir los siguientes pasos para la protección:

1. Seleccionar el equipo de planificación.
2. Definir el área de protección de la boca de pozo o de las cuencas.
3. Identificar fuentes potenciales o reales de contaminación en las áreas definidas.
4. Implementar medidas para controlar las fuentes de contaminación.
5. Preparar planes futuros y un plan de contingencia.

Durante la inspección sanitaria, el inspector debe determinar la adecuación del programa de protección del agua del sistema. ¿Se han destinado recursos suficientes para este esfuerzo? ¿El sistema tiene un programa? ¿El programa está funcionando? ¿El programa se inició y luego se detuvo porque no fueron capaces de implementar tareas importantes como la identificación de fuentes de contaminación que se pudieran controlar?



Riesgos sanitarios

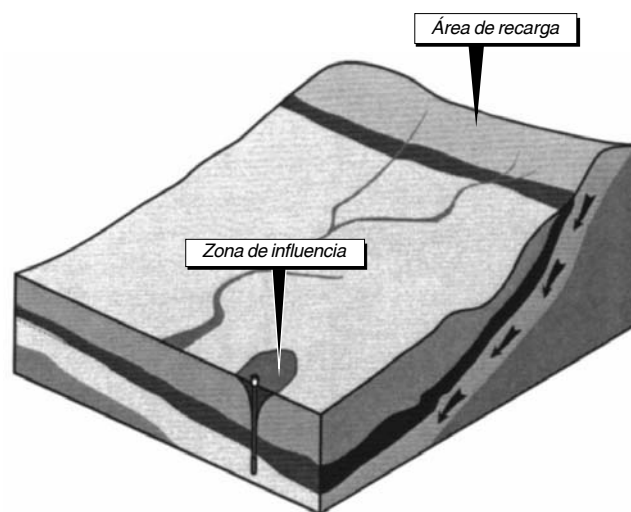
Protección de la fuente

Actividades en la zona de recarga

1. ¿El área de recarga del acuífero o cuenca está protegida?

¿Cómo es el área? ¿El sistema cuenta con un programa de protección de bocas de pozo o de cuencas?

El tipo de actividades que se realizan en la zona de recarga del pozo o cuenca y el grado de control de las mismas pueden influir en la calidad de la fuente de agua, especialmente de los acuíferos confinados y no confinados.



Programa de protección de bocas de pozo

Una manera efectiva de proteger las áreas de recarga de los contaminantes es elaborar e implementar un programa de protección de bocas de pozo (PPBP).

Programa

Los estados deben crear un programa de protección de bocas de pozos. Esto incluye determinar el área de recarga o "área de contribución" de cada fuente, identificar las fuentes de contaminación artificial dentro del área e implementar medidas necesarias para proteger la fuente de la contaminación.

Componentes del programa

Las medidas específicas para proteger la fuente deben incluir la propiedad del área de recarga y ordenanzas o reglamentos que prohíban ciertos usos del terreno del área de recarga. El inspector debe determinar si existe alguna protección del área de recarga, por ejemplo, un programa de protección de bocas de pozo, y evaluar su efectividad.

2. ¿Cuál es el tamaño del área adquirida o protegida?

Para reducir el grado de contaminación de la cuenca, muchas empresas adquieren una porción de ella. Otro método es limitar las actividades mediante restricciones y ordenanzas de zonificación.

3. ¿Cuál es la actividad principal del área de protección?

- industrial
- agrícola
- forestal
- residencial.

Como se observó anteriormente, las actividades de la cuenca tendrán un impacto en la calidad de la escorrentía. El potencial de derrames provenientes de las actividades industriales, los herbicidas y pesticidas de los cultivos, las sustancias orgánicas del deterioro de plantas y las enfermedades transmitidas por animales son algunos de los problemas asociados con el uso del terreno en la cuenca.

4. ¿Cómo se controla el área?

Esta pregunta permite al inspector evaluar la efectividad de las medidas de control en la cuenca. La propiedad con acceso restringido es la medida más estricta, pero también la más costosa. Si se emiten ordenanzas, el inspector debe determinar cómo se aplican.

5. ¿La gerencia ha realizado una inspección del área?

Si la empresa ha realizado una inspección, muchas de las preguntas anteriores pueden responderse haciendo referencia a ésta. El hecho de que una empresa haya realizado dicha inspección representa una preocupación por la protección del suministro.

6. ¿Existe un plan de emergencia para hacer frente a los derrames?

Algunas industrias (por ejemplo, petróleo) están obligadas a tener planes de emergencia en caso de derrames. La empresa debe identificar los sitios potenciales de derrames y se deben elaborar planes de contingencia. Sin embargo, debido a que el plan es solo un documento, se debe identificar al equipo y personal adecuado y se debe establecer una coordinación entre los organismos respectivos (incendios, policía, empresa de agua) para cualquier emergencia y hacer simulacros.

Pozos - Riesgos sanitarios

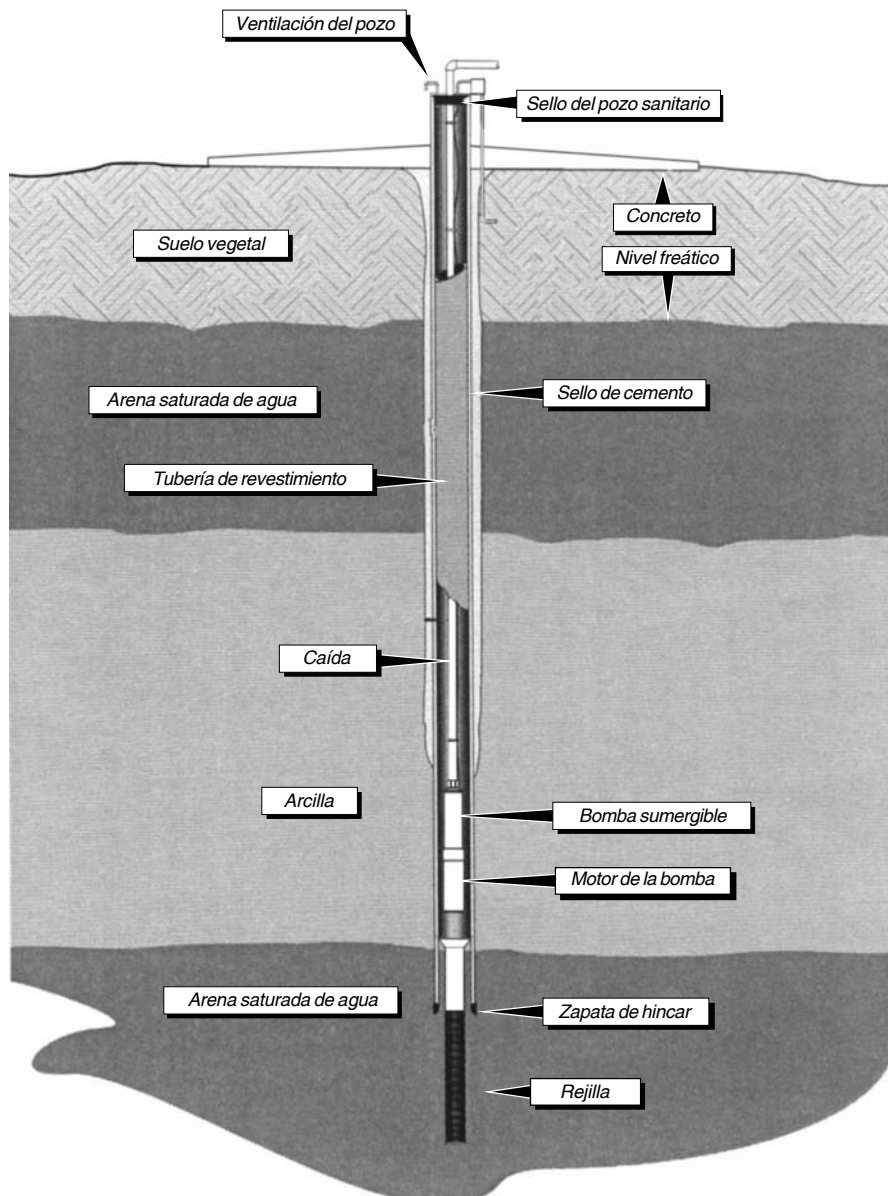
Componentes del pozo

La mayoría no puede verse

Tubería de revestimiento

La mayoría de los componentes de un pozo no puede verse. Algunos de los más importantes son:

La tubería de revestimiento, también llamada “camisa”, “forro”, etc., se instala para prevenir el colapso de las paredes del orificio de perforación, prevenir el ingreso de contaminantes (superficiales o subterráneos) a la fuente de agua, brindar una columna de agua almacenada para la carga de aspiración positiva de la bomba del pozo y para contener la bomba y la tubería de descarga.



Sello de cemento

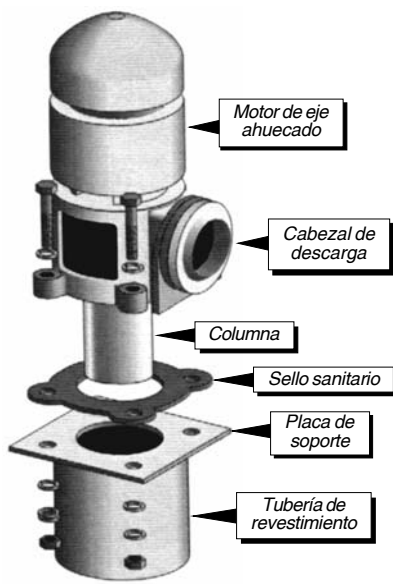
Con frecuencia, se usa el sello de cemento o arcilla de bentonita durante la construcción para llenar el espacio abierto anular alrededor del tubo de revestimiento del pozo y prevenir el ingreso de agua superficial y subterránea poco profunda al pozo.

Rejillas

Las rejillas se instalan en el punto de captación del pozo para retener el material inestable del acuífero y permitir el flujo libre del agua al pozo. La rejilla del pozo debe ser de óptima calidad (de buena estructura, resistente a la corrosión y eficiente desde el punto de vista hidráulico).

Sello sanitario

Las cubiertas o sellos de la boca de pozo se usan en la parte superior de la tubería de revestimiento o conexiones del casquillo de la tubería para prevenir la entrada de agua contaminada u otro material al pozo. Existen varios tipos de cubiertas y sellos para diversas condiciones, pero los principios y el objetivo de excluir la contaminación son los mismos.



Eje de conducción de la turbina

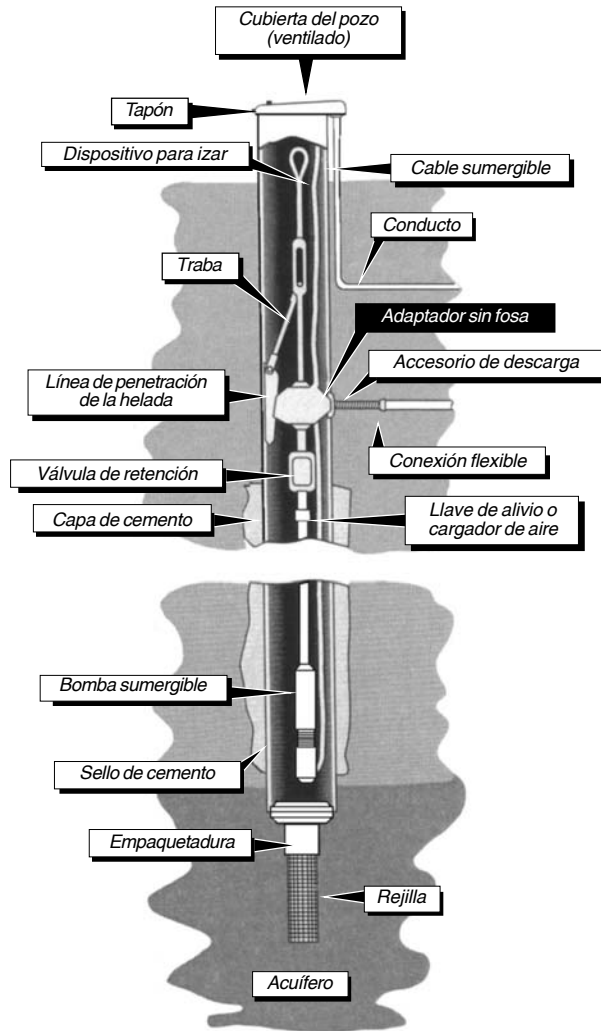


Turbina sumergible

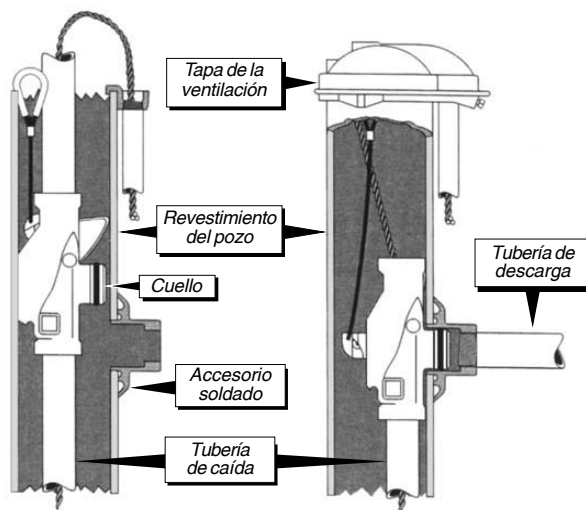
Unidades sin fosa

Los adaptadores de perforaciones se usan para eliminar la necesidad de una fosa. No se recomienda una fosa para albergar el equipo de bombeo o para acceder a la parte superior de la tubería de revestimiento porque las fosas pueden inundarse y presentar riesgos de contaminación. Algunos estados prohíben el uso de fosas. Por lo general, los adaptadores sin fosa incluyen accesorios especiales diseñados para ser colocados en un lado de la tubería de revestimiento del pozo. La tubería de descarga del pozo se enrosca, lo cual brinda un sello ajustado. El sistema sin fosa permite la conexión de la tubería del pozo con la tubería de revestimiento subterránea por debajo de la profundidad de penetración de la helada y al mismo tiempo, brinda un acceso adecuado a la tubería de revestimiento del pozo para hacer reparaciones sin excavación.

Adaptador sin fosa



Adaptador sin fosa



Riesgos sanitarios relacionados con los pozos

1. ¿El pozo se encuentra en un acuífero confinado o no confinado?

Esta información es importante para evaluar la vulnerabilidad de la fuente a la contaminación. Por lo general, el nombre y tipo de acuífero pueden obtenerse del operador o a partir de registros de perforación de pozos. Los registros de pozos durante la perforación pueden indicar si existe una o más capas confinadas por encima de la rejilla del pozo. La presencia de una gruesa capa de arcilla indica que, como en el registro del pozo, una capa confinada separa la rejilla del pozo de la superficie de terreno y, por ende, el pozo puede ser un acuífero confinado. El registro también incluye información adicional útil.

Fuentes de información

Las fuentes de información pueden ser los organismos estatales de inspección geológica, los que a menudo mantienen informes sobre pozos y acuíferos en todo el estado.

2. ¿El sitio está sujeto a inundaciones?

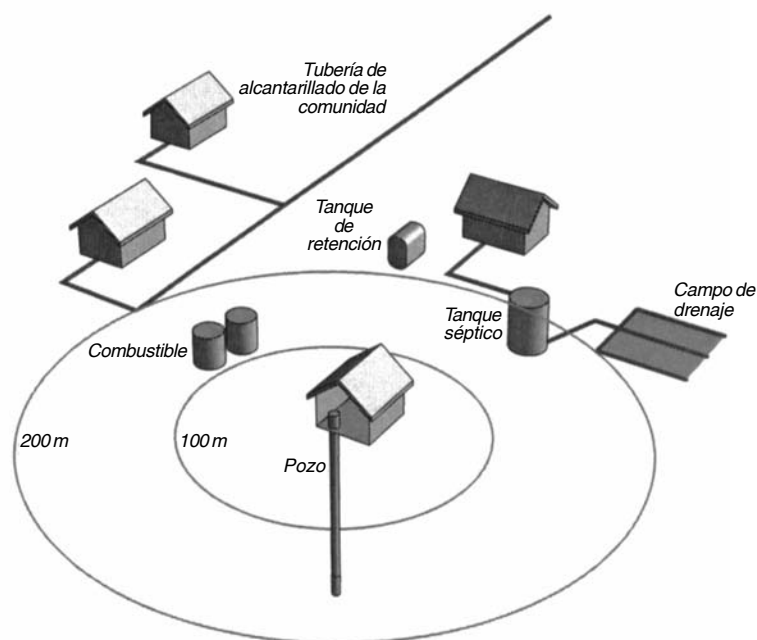
Se debe evitar la entrada de aguas superficiales al pozo. La escorrentía en el área inmediata debe drenarse lejos del pozo. Como mínimo, cualquier abertura en el revestimiento del pozo debe ubicarse por encima de 1% de la posibilidad de elevación de las inundaciones (100/año).

Fuentes de información

La información sobre inundaciones y drenaje de sitios puede obtenerse del propietario u operador, inspección visual y registros de inundaciones. El revestimiento expuesto debe terminar por lo menos 18 pulgadas por encima del nivel de inundación conocido.

3. ¿El pozo está ubicado cerca de alguna fuente potencial de contaminación inmediata?

Se debe consultar al organismo de vigilancia estatal sobre su política respecto a la ubicación del pozo, en particular, las distancias mínimas de protección entre el pozo y las fuentes de contaminación potenciales o existentes. El cuadro 3-2 es un ejemplo de las distancias mínimas típicas. Estas distancias se basan en la experiencia general y no garantizan que no haya contaminación. El abastecedor de agua deben brindar aun mayor protección cuando sea posible. El cuadro se aplica a pozos adecuadamente construidos con el revestimiento a una profundidad de por lo menos 26 metros por debajo de la superficie. Otros tipos de pozos requieren una consideración especial.



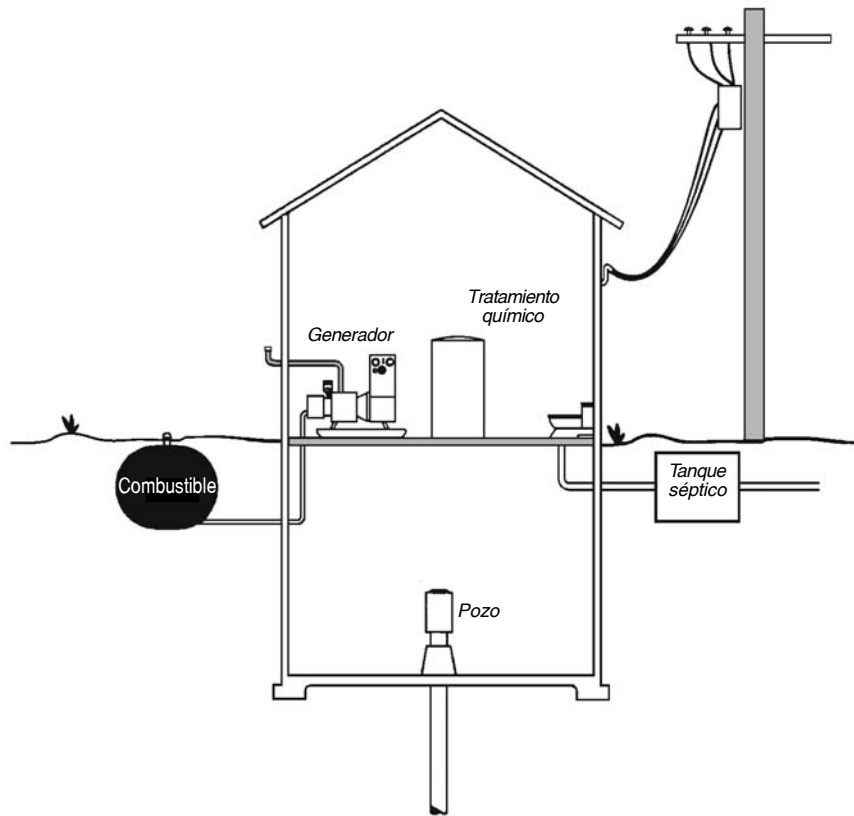
Cuadro 3-2: Distancia mínima entre pozos y fuentes de contaminación

Fuente	Desde el pozo		Observaciones
	Metros	Pies	
Alcantarillado con sello de agua	15	50	Consulte al organismo de vigilancia estatal en caso de requisitos locales especiales.
Otros alcantarillados	30	100	
Tanques sépticos	30	100	
Área de disposición de aguas residuales, lecho o fosa	60	200	
Rediles y corrales de animales	60	200	

Fuente: *Small Water Systems Serving the Public*, capítulo 5.

Otras fuentes de contaminación

Durante la inspección de campo, los inspectores también deben estar alertas a otras posibles fuentes de contaminación. Los almacenes de sustancias químicas y combustible y las tuberías de conducción del agua son fuentes importantes que deben evaluarse. La contaminación de esas fuentes puede migrar más lejos que la contaminación de fuentes indicadas en el cuadro 3-2. Incluso el almacenamiento de sustancias químicas del tratamiento de agua y los tanques de combustible deben investigarse, así como otras fuentes alejadas del lugar. Además, los derrames y escorrentía de los productos derivados del petróleo en las carreteras pueden contaminar pozos poco profundos cuando se encuentran cerca.



4. ¿Cuál es la profundidad del pozo?

A mayor profundidad del acuífero, menor posibilidad de que la contaminación superficial deteriore la calidad del agua. Por lo general, la calidad del agua de los acuíferos más profundos es más uniforme.

5. ¿Se mide el descenso del nivel?

El descenso del nivel es la diferencia entre los niveles hidrostáticos y los niveles de agua que se bombea. La medición del descenso del nivel es importante ya que los cambios en dicho descenso pueden representar problemas en el acuífero (niveles de agua inferiores) o incrustaciones en el pozo. El operador debe medir el descenso del nivel.

6. ¿Cuál es la profundidad del revestimiento?

El revestimiento debe ser lo bastante fuerte como para resistir la presión ejercida por los materiales circundantes y la corrosión debido al suelo y agua. El revestimiento debe tener la longitud adecuada para proporcionar un canal desde el acuífero hasta la superficie a través de formaciones inestables y zonas de contaminación real o potencial. El revestimiento debe extenderse por encima de los niveles potenciales de inundación y debe protegerse de la contaminación por inundaciones y otros daños. En suelos no compactados, el

revestimiento debe extenderse al menos 1,5 metros (5 pies) por debajo del esperado descenso del nivel durante el bombeo. En formaciones de rocas compactadas, el revestimiento debe introducirse 1,5 metros (5 pies) en el lecho de roca firme y debe ser sellada en el lugar. El sistema debe tener información al respecto.

7. ¿Cuál es la profundidad de la capa de cemento?

Los requisitos específicos de la capa de cemento de un pozo dependen de las condiciones superficiales, especialmente la ubicación de las fuentes de contaminación y las condiciones geológicas e hidrológicas subterráneas. Para lograr la protección deseada contra la contaminación, el espacio anular debe estar sellado a la profundidad necesaria, pero en ningún caso será menor de 6 metros (20 pies).

8. ¿El revestimiento se extiende al menos 50 cm (18 pulgadas) por encima del terreno o suelo?

Esto brinda protección contra la escorrentía o drenaje superficial. Los 50 cm se recomiendan cuando no hay ningún potencial de inundación.

9. ¿El pozo está adecuadamente sellado?

Las cubiertas o sellos de las bocas de pozo se usan en la parte superior del revestimiento o conexiones de la tubería para impedir la entrada de agua contaminada u otro material al pozo. Existen cubiertas y sellos que satisfacen las diversas condiciones, pero los principios y el objetivo de excluir la contaminación son los mismos. Las cubiertas de pozo y las plataformas de la bomba deben elevarse por encima del nivel del suelo acabado adyacente y deben tener un declive para drenar lejos del revestimiento del pozo.

10. ¿La ventilación del pozo termina 50 cm (18 pulgadas) por encima del nivel del terreno o suelo o por encima del nivel máximo de inundación con un codo de 180° apuntando hacia abajo y con rejilla en el extremo?

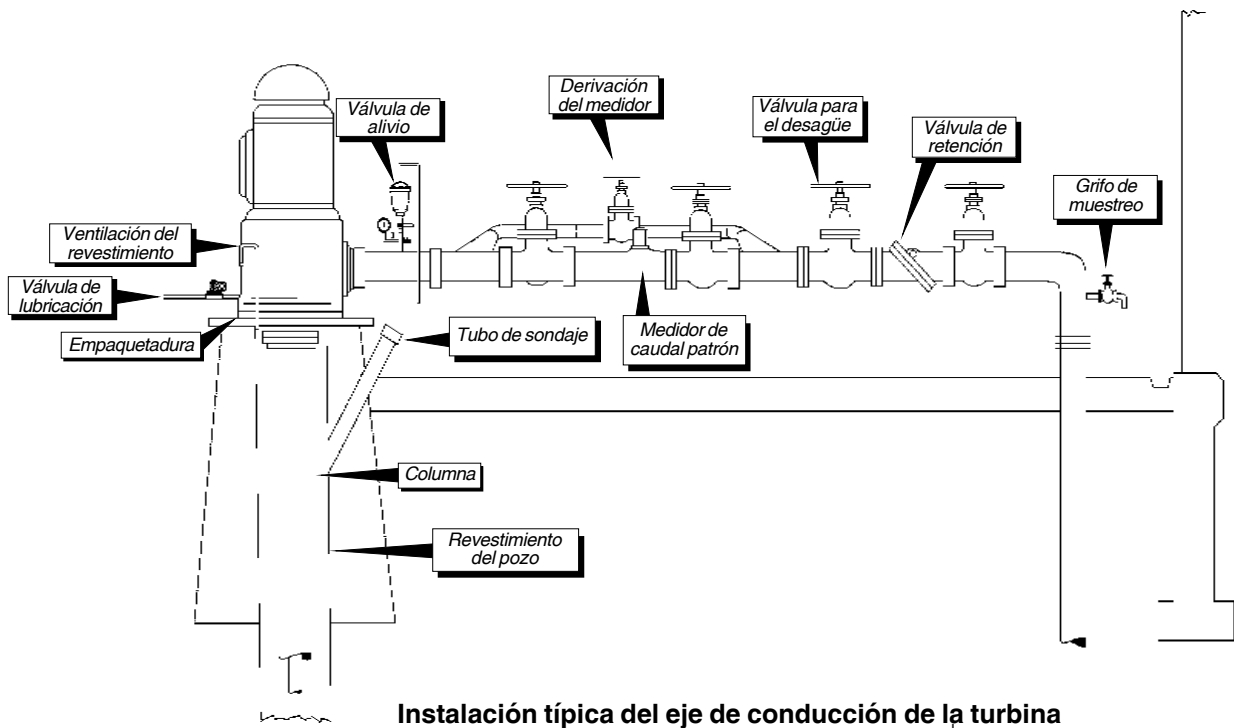
Esto es necesario para evitar el ingreso de agua, polvo, insectos y animales al revestimiento del pozo.

11. ¿El pozo tiene un grifo de muestreo de agua no tratada con una boquilla adecuada?

Esto es importante cuando se deben recoger muestras de agua no tratada. Un grifo con rosca en la boquilla puede introducir contaminantes.

12. ¿Las válvulas de retención, válvulas de descarga y medidores de agua se mantienen y operan adecuadamente?

Las válvulas deben estar mantenidas y deben operarse de manera que se evite el ingreso de contaminantes al pozo.



Instalación típica del eje de conducción de la turbina

13. ¿La terminación superior del pozo está protegida?

La terminación superior del pozo debe estar ubicada o cercada para protegerla del vandalismo y daños.

14. ¿Se brinda protección contra rayos?

Durante las tormentas, se pueden producir descargas de rayos en los cables de energía eléctrica. Estas descargas pueden dañar los motores de la bomba, crear pérdidas en el suministro de agua y conllevar a reparaciones costosas. Como protección, se pueden proporcionar pararrayos cuando las líneas de servicio estén conectadas a cables de servicio o a la caja de control del motor. Las bombas y el pozo deben tener un punto conectado a tierra para protegerlos de cualquier daño.

15. ¿La captación de la bomba está ubicada por debajo del nivel de descenso?

Esto impide que la bomba opere en seco y la protege contra la contaminación del bombeo de la porción superior del nivel freático.

16. ¿Las válvulas de control y de retención se pueden limpiar fácilmente?

Del mismo modo que las válvulas localizadas en la superficie, estas válvulas deben estar ubicadas y operarse de manera que se evite la entrada de agua indeseable al pozo.

Fuentes superficiales - Riesgos sanitarios

Consideraciones especiales

Las aguas superficiales usadas como fuentes en sistemas pequeños deben considerar factores adicionales que por lo general no están asociados a fuentes de aguas subterráneas. Cuando se deben usar arroyos pequeños, lagunas, estanques o reservorios abiertos como fuentes de abastecimiento de agua, se incrementa el peligro de contaminación y propagación de enfermedades intestinales tales como fiebre tifoidea, criptosporidiosis, giardiasis y disentería. El agua transparente no siempre es segura y el viejo dicho que el agua que corre “se purifica” y se convierte en agua de bebida dentro de cierta distancia, no es realista.

El agua no es segura hasta que se trate

La contaminación física, química y bacteriológica del agua superficial implica considerar dicha fuente como insegura para el uso doméstico, a menos que se proporcione un tratamiento seguro que incluya la filtración y desinfección. El tratamiento del agua superficial para garantizar un suministro constante y seguro requiere que el propietario del sistema dedique especial atención a la operación y mantenimiento. Las principales fuentes de agua superficial que pueden desarrollarse son las captaciones controladas, estanques o lagos, arroyos y canales de riego superficial. A excepción de los canales de riego donde las descargas dependen de la actividad de irrigación, estas fuentes se alimentan de la precipitación directa en el área de drenaje.

Valor y uso

El valor de un estanque o lago como fuente de agua reside en su capacidad para almacenar agua durante periodos de lluvia a fin de proveer agua en los periodos de poca o ninguna precipitación. Un estanque debe poder almacenar como mínimo un año de suministro de agua. Debe tener la capacidad suficiente para satisfacer las demandas de abastecimiento de agua durante periodos de poca precipitación y debe considerar las pérdidas por infiltración y evaporación. El área de drenaje (cuenca) debe ser lo suficientemente grande para recolectar agua y llenar el estanque o lago durante las estaciones de lluvia.

Reducción de la contaminación

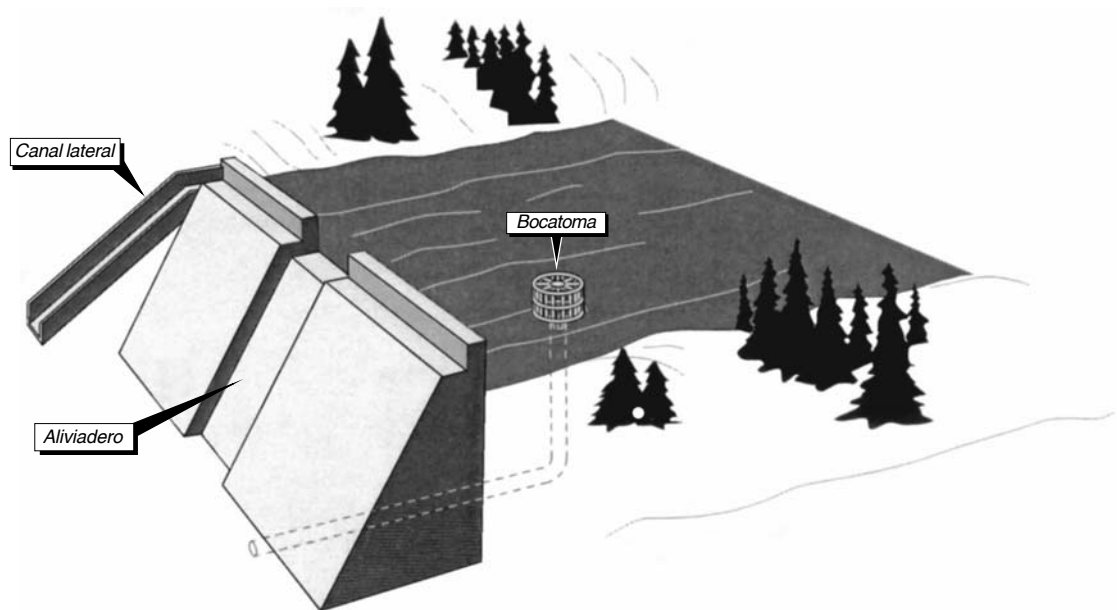
Para minimizar la posibilidad de contaminación, la cuenca debe tener las siguiente características:

- vegetación limpia, controlada, cercada
- libre de graneros, fosas sépticas, letrinas y campos de absorción de líquidos cloacales
- protegida contra la erosión y drenaje de áreas de ganadería.

Reservorios

Los reservorios como embalses de las represas ofrecen varias ventajas:

- reserva de agua no tratada
- sedimentación
- agua no tratada de mejor calidad con captaciones múltiples.



Arroyos y ríos

Impacto en el tratamiento

Los arroyos que reciben escorrentía de grandes cuencas no controladas pueden ser la única fuente de abastecimiento de agua. La calidad física, química y bacteriológica del agua superficial varía y puede imponer cargas excepcionalmente altas en las plantas de tratamiento.

Ubicación de la captación

Las captaciones de arroyos deben estar ubicadas aguas arriba de las descargas de aguas residuales, drenaje de lluvia u otras fuentes de contaminación. El agua debe bombearse cuando la carga de sedimentos sea baja. Por lo general, un bajo nivel de agua significa que la temperatura del agua es más alta que lo normal y que el agua es de una calidad química deficiente. Por otro lado, las cargas máximas de sedimento se presentan durante los periodos máximos de escorrentía. Generalmente, los altos niveles de agua después de las tormentas son más favorables para desviar o bombear agua para almacenamiento. Estas condiciones varían y dependen de cada arroyo.

Galerías de infiltración

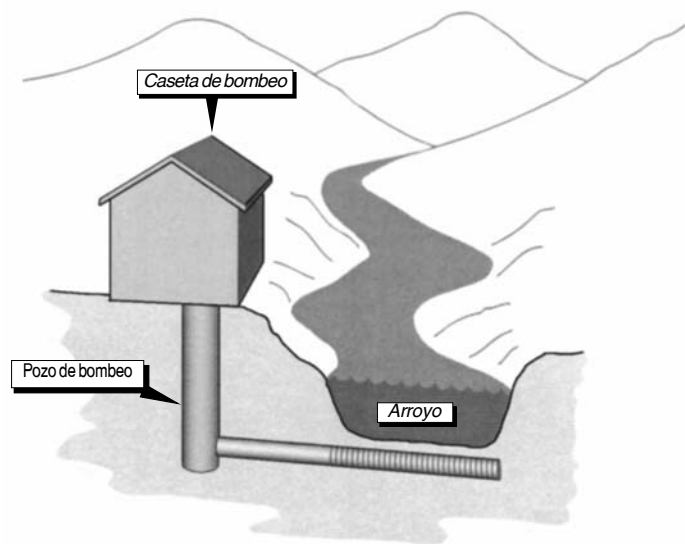
Uso y ubicación

Las áreas recreativas ubicadas en las montañas pueden tener acceso a un manantial de la montaña, donde la cuenca generalmente está despoblada y abundan los árboles. Sin embargo, después de periodos de

precipitación abundante o descongelamiento de manantiales, los desechos y la turbiedad pueden causar problemas en la captación e incrementarán el grado requerido de tratamiento. Si las condiciones son apropiadas, este problema puede evitarse mediante la construcción de una cámara subterránea (galería de infiltración) a lo largo de la orilla del arroyo o lago.

Uso en arroyos y lagos

Las galerías pueden considerarse cuando las formaciones de suelo poroso colinden con un arroyo o lago para que el agua pueda ser interceptada en la parte subterránea a fin de aprovechar la filtración natural. Cualquier estructura de acceso a la galería debe estar ubicada por encima del nivel de inundación máxima.



Componentes

Por lo general, una instalación típica incluye la construcción de una zanja de filtro de arena debajo del drenaje ubicada en paralelo al lecho del arroyo y cerca de 3 metros de la marca del nivel alto de agua. Por lo general, el filtro de arena se ubica en una zanja con un ancho mínimo de 75 cm (30 pulgadas) y una profundidad de cerca de 3 metros (10 pies), suficientes para interceptar el nivel freático. En el fondo de la zanja se coloca una tubería hecha con bloques o ladrillos ligeramente separados en un lecho de grava de cerca de 30 cm (12 pulgadas) de espesor, con cerca de 10 cm (4 pulgadas) de grava graduada ubicada sobre la tubería para soportar la arena. La tubería con grava se cubre con arena limpia y gruesa a una profundidad mínima de 60 cm (24 pulgadas) y la zanja restante se rellena con material impermeable. La tubería de recolección drena a una cámara hermética de concreto de donde el agua fluye al sistema de distribución por gravedad o bombeo (pozo de bombeo). Generalmente, se requiere cloración en la cámara o en otro lugar, pero antes de cualquier uso.

Galería modificada

Cuando las formaciones de suelo colindantes a un arroyo son desfavorables para la ubicación de una galería de infiltración, los desechos y la turbiedad que por lo general se encuentran en un arroyo de montaña pueden ser controlados al construir una galería de infiltración modificada en el lecho del arroyo.

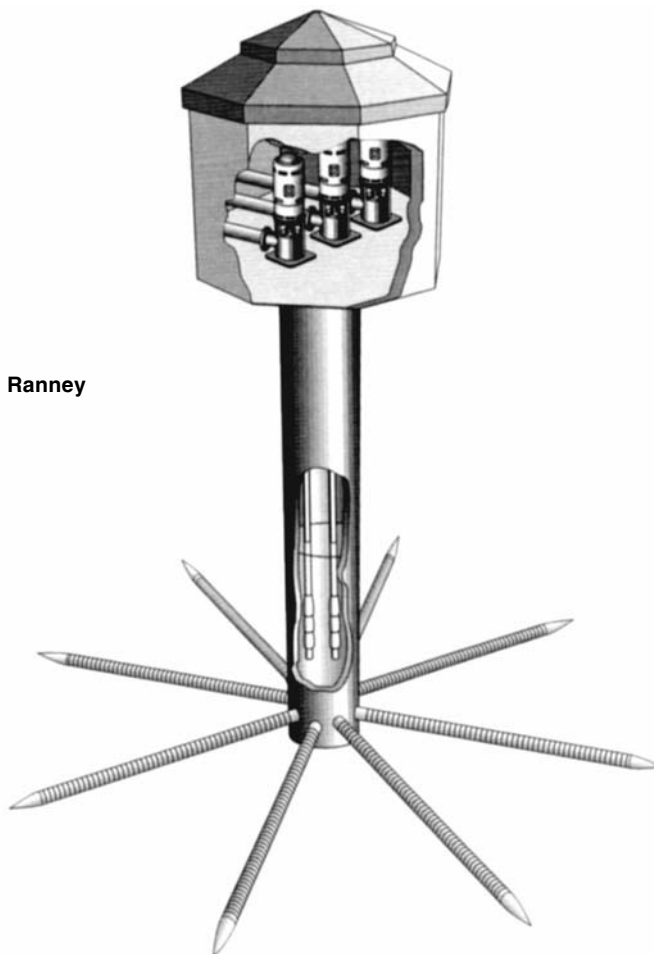
Construcción de una represa

Si no se cuenta con un estanque natural en el lecho del arroyo, generalmente se construye una represa para formar un estanque. El filtro se instala en el estanque mediante la colocación de tubería perforada en un lecho de grava escalonada que luego se cubre por lo menos con 60 cm (24 pulgadas) de arena limpia y gruesa. Se debe permitir una distancia aproximada de 60 cm entre la superficie de la arena y el nivel de agua superficial. Las canaletas de recolección pueden terminar en un estanque hermético de concreto adyacente a la cara de la represa de donde se desvía el agua para la cloración.

Pozo Ranney

Los colectores de un pozo Ranney están localizados en el lecho del río y toman agua del subálveo.

Pozo Ranney



Tuberías de conducción

Las tuberías conducen el agua hacia la planta de tratamiento. Riesgos sanitarios relacionados con fuentes superficiales

Riesgos sanitarios relacionados con fuentes superficiales

1. ¿Se trata el agua en el reservorio?

Se debe verificar la adición de cualquier sustancia química al reservorio. Se debe garantizar que solo se usen las sustancias químicas aprobadas y que se apliquen apropiadamente.

2. ¿El área alrededor de la captación está restringida en un radio de 60 metros (200 pies)?

Es importante restringir los deportes acuáticos (por ejemplo, natación y esquí acuático) y el uso de botes con motor en los alrededores de la captación. La restricción ayudará a reducir la contaminación por coliformes y materia orgánica en el agua de la captación.

3. ¿Existen fuentes de contaminación cerca de las captaciones?

Se deben identificar fuentes de contaminación, tales como descargas de agua residual, corrales de ganado, puertos deportivos y rampas para botes. Si el uso del reservorio no está restringido, el impacto de esas actividades debe minimizarse en lo posible y mantenerse lejos de las captaciones.

4. ¿Hay múltiples captaciones en diferentes niveles?

Debido a las fluctuaciones en la elevación de la superficie del agua y la variación de la calidad del agua con la profundidad, es necesario colocar las captaciones en diferentes profundidades. El vaciado estacional del reservorio, el crecimiento de algas y la estratificación termal pueden deteriorar la calidad del agua. Esto se aplica a reservorios profundos, arroyos y reservorios de poca profundidad con captaciones de un solo nivel no sujetas a la estratificación.

5. ¿Se extrae agua de óptima calidad?

El operador debe realizar pruebas de monitoreo para determinar la calidad del agua en las diversas profundidades a fin de obtener la de mejor calidad. Se le debe preguntar al operador cómo selecciona el nivel de captación, qué pruebas realiza y con qué frecuencia. Las pruebas sugeridas son oxígeno disuelto, metales y valores de nitrógeno.

6. ¿Con qué frecuencia se inspeccionan las captaciones?

El mantenimiento de la estructura de captación debe realizarse periódicamente, al igual que los otros componentes del sistema. La remoción de desechos y la inspección de la integridad de la rejilla de la captación evitarán daños en las válvulas y bombas de las tuberías.

Asimismo, las inspecciones frecuentes ayudarán a detectar problemas evidentes como lo son la mortandad de peces, malos olores y colores anormales entre otros.

7. ¿Qué condiciones causan fluctuaciones en la calidad del agua?

Condiciones tales como la estratificación, proliferación de algas, formación de hielo, vientos locales y las corrientes variables pueden generar cambios adversos en la calidad del agua. Se deben observar las condiciones que crean esos problemas, así como las medidas para mitigarlas.

8. ¿Se ha inspeccionado la represa por razones de seguridad (si corresponde)?

Las represas deben inspeccionarse con frecuencia para evitar condiciones que puedan poner en peligro su integridad estructural. Los operadores deben fijarse en aspectos tales como erosión, sumideros, animales que viven en madrigueras y árboles que crecen en el área de la represa.

Manantiales - Riesgos sanitarios

Captación de aguas subterráneas

Para aprovechar adecuadamente un manantial, el caudal natural de las aguas subterráneas debe captarse por debajo de la superficie del suelo y el método no debe contaminar el agua. Los manantiales pueden contaminarse por la disposición de aguas residuales, residuos de animales y drenaje superficial. Los manantiales también son sensibles a las variaciones estacionales del caudal y el rendimiento puede reducirse debido al bombeo de pozos vecinos.

Tipos de manantiales

Los manantiales pueden ser por gravedad o artesianos. Los manantiales por gravedad ocurren cuando el estrato que produce agua cubre un estrato impermeable y aflora a la superficie. También ocurren cuando la superficie de banda intercepta el nivel freático. Este tipo de manantial es particularmente sensible a fluctuaciones estacionales en el almacenamiento de aguas subterráneas y con frecuencia disminuye o desaparece durante periodos secos. Por lo general, los manantiales por gravedad son fuentes de bajo rendimiento, pero cuando se desarrollan adecuadamente pueden ser satisfactorios para pequeños sistemas de agua.

Manantiales artesianos

Los manantiales artesianos provienen de acuíferos artesianos. Pueden ocurrir cuando la formación sobre el acuífero artesianos se quiebra por una falla o cuando los acuíferos afloran a una menor elevación. Generalmente, los manantiales artesianos son más seguros que los manantiales por gravedad, pero son particularmente sensibles al bombeo de pozos en el mismo acuífero. En consecuencia, los manantiales artesianos se pueden secar por el bombeo de pozos vecinos.

Criterios de selección

Los criterios importantes para los manantiales incluyen la selección de un manantial de calidad aceptable, cantidad de agua necesaria y protección sanitaria del sistema de recolección. Las medidas para desarrollar un manantial se deben diseñar de acuerdo con las condiciones geológicas predominantes.

Sistema de recolección de manantiales

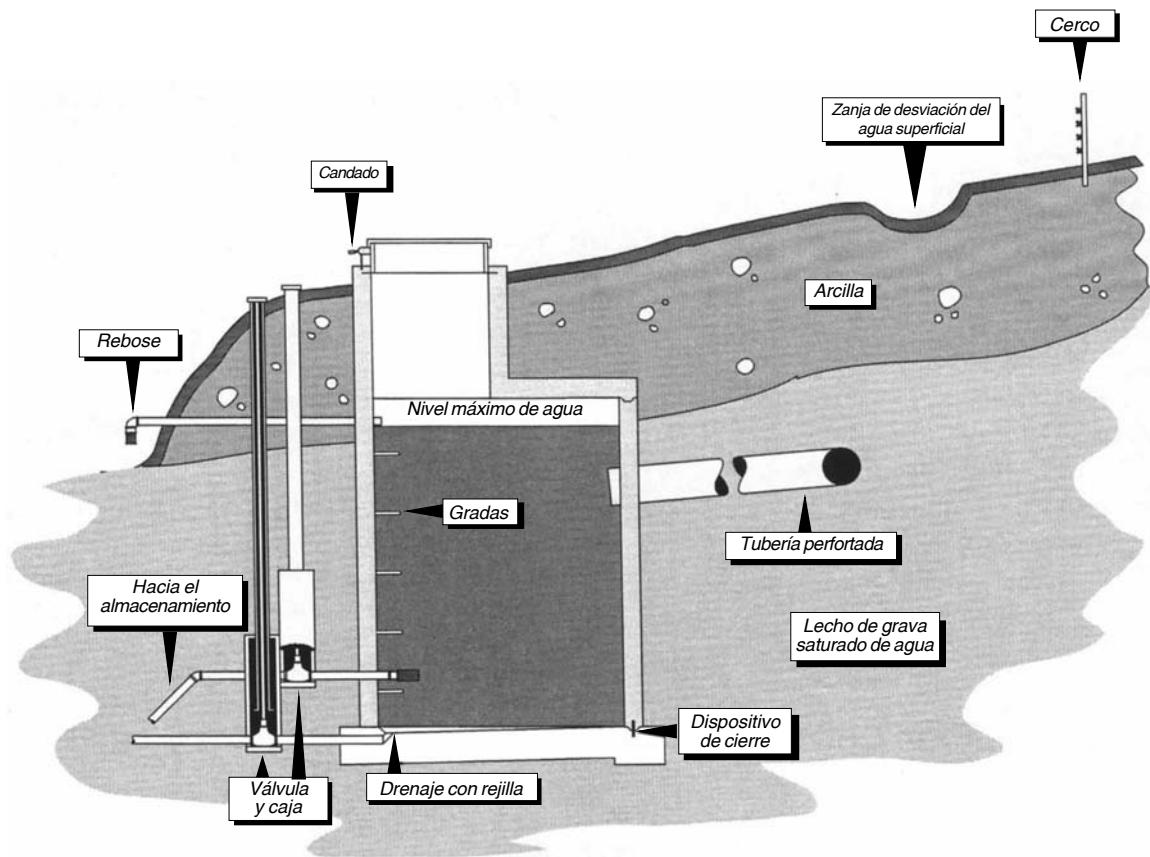
Tuberías perforadas

El caudal de los manantiales se intercepta por un sistema de tuberías perforadas colocadas en el estrato saturado de agua o en las zanjas rellenas con grava. El flujo se dirige hacia un tanque de almacenamiento. Como alternativa, se construye una cámara de recolección de concreto a prueba de agua con aberturas en el fondo o en una pared lateral para interceptar el flujo. Esta cámara también puede servir de tanque de almacenamiento. Cuando sea posible, las paredes de la cámara de recolección deben extenderse hasta el lecho de roca o estrato impermeable. Las paredes a prueba de agua deben extenderse ocho o más pulgadas

por encima del suelo para prevenir la entrada de agua superficial. Una cubierta superpuesta evitará la entrada de desechos.

Tanque

Generalmente, el tanque se construye con concreto reforzado para interceptar la mayor cantidad posible de agua del manantial. Cuando un manantial se ubica al lado de una colina, la pared y lados cuesta abajo se extienden hasta el lecho de roca o suelo impermeable para asegurar que la estructura retenga agua y mantenga el nivel deseado en la cámara. Los muros interceptores complementarios de concreto o arcilla impermeable pueden usarse para ayudar a controlar el nivel freático en los alrededores del tanque. La parte inferior de la pared cuesta arriba del tanque debe tener una abertura para permitir que el agua se mueva libremente mientras se retiene el material del acuífero. El relleno con grava graduada ayudará a restringir el movimiento del material del acuífero.



Cubierta del tanque

La cubierta del tanque debe hacerse en el lugar para asegurar que esté bien ajustada. La cubierta debe sobrepasar el borde por lo menos 5 cm (2 pulgadas). Debe ser lo suficientemente pesada para evitar que los niños puedan moverla y debe cerrarse con candado.

Tubería de drenaje

Se debe colocar una tubería de drenaje o limpieza con una válvula exterior cerca de una pared del tanque al nivel del terreno para permitir el drenaje. El final de la tubería debe extenderse lo más lejos posible para permitir la descarga libre al terreno, lejos del tanque. La descarga de la tubería debe tener una malla para prevenir que aniden animales e insectos.

Rebose

Por lo general, el rebose se coloca debajo de la máxima elevación del nivel de agua. Debe tener una descarga libre a un drenaje de rocas para prevenir la erosión del suelo en el punto del rebose y debe tener una rejilla.

Captación para el sistema

La captación del suministro debe estar ubicada cerca de 15 cm (6 pulgadas) sobre el piso de la cámara y debe tener una rejilla. Se debe asegurar un buen empalme entre las tuberías y la estructura de concreto.

Riesgos sanitarios relacionados con manantiales

1. ¿El área de recarga está protegida?

2. ¿Cómo es el área de recarga?

3. ¿El sitio está sujeto a inundaciones?

(Las razones para estas preguntas son las mismas que para los pozos).

4. ¿La captación del abastecimiento es adecuada?

La captación del abastecimiento debe estar ubicada 15 cm por encima del piso de la cámara y debe tener una rejilla. Esta ubicación reduce el arrastre del lodo que puede acumularse en la cámara.

5. ¿El sitio está protegido adecuadamente?

Las siguientes medidas preventivas garantizarán de manera consistente la alta calidad del manantial:

Desviación del drenaje superficial del sitio. Se debe construir un drenaje superficial cuesta arriba de la fuente para interceptar la escorrentía de agua superficial y transportarla lejos de la fuente. Los manantiales que se encuentran cerca de cultivos tratados con pesticidas y herbicidas pueden estar expuestos a la contaminación.

Debe haber protección mediante cercas, cubiertas cerradas con llave y letreros de advertencia para evitar el ingreso de intrusos y de ganado.

6. ¿La cámara de recolección está construida adecuadamente?

La cámara de recolección debe ser hermética para prevenir la entrada de agua indeseable. La cubierta del tanque debe ser impermeable y debe cerrarse con llave. El drenaje debe tener una válvula exterior y rejilla. El rebose debe descargar a un drenaje para prevenir la erosión del suelo. Esta información puede obtenerse mediante la inspección de la cámara de recolección.

7. ¿Qué condiciones alteran la calidad del agua?

Un incremento marcado en la turbiedad o caudal después de una tormenta es un buen indicador de que la escorrentía superficial está llegando al manantial.

Captación de agua de lluvia en techos

Captación de agua de lluvia

En muchos lugares, es común recolectar el agua de lluvia en los techos. Si bien la calidad y cantidad de agua de lluvia puede ser cuestionable, quizás es la única fuente confiable de agua disponible para una comunidad pequeña o para viviendas aisladas.

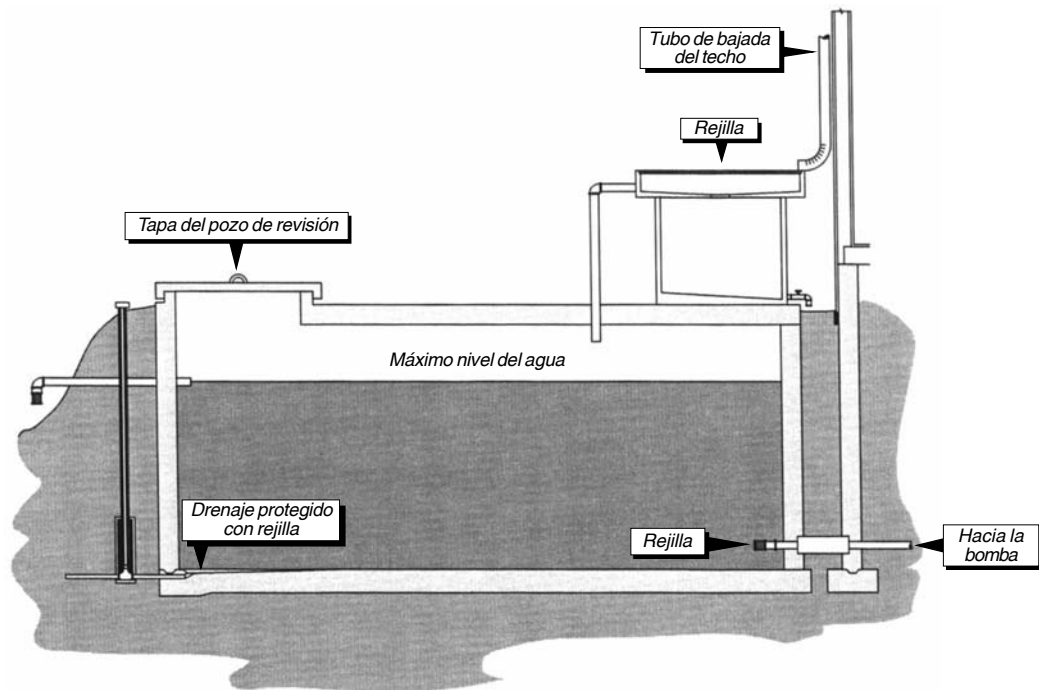
Calidad

La calidad del agua depende del tipo de material de techado, antigüedad y cantidad de desechos depositados en el techo.

Sistema de recolección de aguas de lluvia

Recolección

El agua de lluvia se recolecta mediante una canaleta ubicada en el techo que se empalma con uno o más tubos de bajada. El flujo va hacia un tanque de almacenamiento.



Caja de desviación

Las primeras porciones de lluvia generalmente contienen desechos y excrementos de aves. La caja de desviación previene que ese material ingrese al tanque de almacenamiento.

Tanque

Por lo general, el tanque se construye de plástico, concreto, madera o metal.

Cubierta del tanque

La cubierta debe extenderse por lo menos 5 cm (2 pulgadas) del borde superior del tanque, ser lo suficientemente pesada para que los niños no puedan moverla y debe estar cerrada con llave.

Tubería de drenaje

Se debe colocar una tubería de drenaje con una válvula exterior cerca de una de las paredes del tanque y en el

nivel del suelo. El extremo de la tubería debe extenderse lo suficientemente lejos del tanque para permitir la descarga a la superficie. El extremo de esa tubería debe tener una rejilla para evitar que aniden los animales e insectos.

Rebose

Generalmente, el rebose se coloca por debajo de la elevación del nivel máximo de agua. Debe tener una descarga libre al drenaje de rocas para prevenir la erosión del suelo en el punto de descarga y debe estar protegido con una rejilla.

Captación para el sistema

La captación del abastecimiento debe estar a 15 cm (6 pulgadas) por encima del piso del tanque y debe estar protegida con una rejilla. Se debe asegurar un buen empalme entre las tuberías y la estructura de concreto.

Riesgos sanitarios de la captación de agua de lluvia en los techos

1. ¿Cuál es la condición del techo?

Los techos viejos, especialmente de metal galvanizado, pueden tener altas concentraciones de contaminantes.

2. ¿Se cuenta con una caja de desviación de las primeras porciones?

Este es un aspecto clave para reducir la contaminación.

3. ¿Cómo está el sistema de canaletas?

Las canaletas deben estar en buen estado y protegidas de desechos excesivos.

4. ¿La cámara de recolección está construida apropiadamente?

La cubierta del tanque debe estar cerrada con llave. El drenaje debe tener una válvula exterior y una rejilla en el extremo. El rebose debe descargar a un drenaje para prevenir la erosión de suelos. Esta información puede obtenerse mediante la inspección de la cámara de recolección.

5. ¿La captación del abastecimiento es adecuada?

La captación debe estar ubicada a 15 cm (6 pulgadas) por encima del suelo de la cámara y debe tener una rejilla. Esta ubicación reduce el arrastre de lodo que puede acumularse en la cámara. Además, el área del techo y el sistema de canaletas deben acondicionarse para permitir una recolección adecuada del agua. El volumen recolectado depende de la frecuencia y cantidad de las lluvias, área del techo y capacidad de las canaletas.

Conducción - Riesgos sanitarios específicos

Importancia de la conducción

La conducción de agua cruda de la fuente de abastecimiento a la planta de tratamiento es un componente vital del sistema de abastecimiento de agua público. De igual importancia son las tuberías de conducción de la planta de tratamiento al sistema de distribución.

Deficiencias

En el sistema de conducción, un desvío (by-pass) alrededor de la planta de tratamiento podría ser un riesgo importante porque podría entrar agua no tratada al sistema de distribución. Durante la inspección sanitaria, el inspector debe evaluar el estado de las tuberías de conducción para el abastecimiento adecuado y continuo de agua de bebida.

Riesgos sanitarios

Sistema de conducción

1. ¿Existen tuberías de conducción que puedan desviar el agua que va a la planta de tratamiento?

Los inspectores deben evaluar cuidadosamente las tuberías en y alrededor de la planta de tratamiento para asegurar cualquier by-pass del agua cruda. Las válvulas a veces no son suficientes para evitar el by-pass. Es común instalar estas tuberías de desvío durante la construcción y olvidarse de removerlas cuando la planta empieza a funcionar.

2. ¿Existen usuarios abastecidos con tuberías de agua no tratada?

A los clientes abastecidos a través de tuberías de conducción con agua no tratada se les debe interrumpir el servicio o encontrar la forma de proveerles agua tratada.

3. ¿Cuál es la antigüedad y condición de las tuberías de conducción?

Las tuberías de conducción antiguas pueden tener fallas y estar proclives a rupturas que podrían desabastecer el sistema. El inspector debe evaluar la posibilidad de fallas o rupturas.

4. ¿Se cuenta con tuberías de conducción alternas?

Una ruptura o falla en una sola tubería de conducción podría dejar a un sistema sin agua. El inspector debe evaluar esa posibilidad y recomendar tuberías de conducción alternas si fuera necesario.

5. ¿Las tuberías de conducción son vulnerables a los desastres?

Las tuberías de conducción en áreas propensas a terremotos o las que cruzan arroyos o ríos están sujetas a rupturas o fallas y podrían dejar al sistema de agua sin el suministro necesario. Los inspectores deben evaluar cuán resistentes son las instalaciones a los desastres y la respuesta del sistema a un posible desastre.

Bombas e instalaciones de bombeo

Las bombas e instalaciones de bombeo son componentes esenciales y vulnerables en casi todos los sistemas de agua. El diseño, operación y mantenimiento inadecuados de los sistemas de bombeo pueden representar riesgos sanitarios graves, incluida la pérdida completa del suministro de agua. Para evaluar la seguridad, suficiencia y confiabilidad del sistema de agua, el inspector debe incluir a las bombas e instalaciones de bombeo como parte integral de la inspección sanitaria.

Objetivos del aprendizaje

Al final de este capítulo, los participantes deben ser capaces de:

- Identificar los diversos tipos, usos y componentes de las bombas de suministro de agua.
- Conocer los reglamentos aplicables y los datos clave requeridos para realizar la inspección sanitaria de una estación de bombeo.
- Reconocer los riesgos sanitarios y peligros por falta de seguridad en las instalaciones, incluidos la estación y equipo de bombeo, accesorios y sistemas de energía de reserva.
- Reconocer los riesgos sanitarios y los peligros por falta de seguridad asociados con los procedimientos y prácticas, incluidos el manejo, operación y mantenimiento de las instalaciones de bombeo.
- Determinar si la instalación de bombeo es segura, adecuada y confiable.

Recolección de datos

Antes de realizar la inspección de una instalación de bombeo, se deben revisar los siguientes datos disponibles:

- registros de operación proporcionados por la empresa de agua
- especificaciones usadas por la empresa de agua para la construcción, operación y mantenimiento.

Si la información no estuviese disponible, ésta se debe recolectar durante la inspección.

Una vez en el campo, durante la entrevista inicial con el operador, el inspector debe elaborar una lista de las bombas del sistema para asegurar que sean evaluadas durante la inspección sanitaria.

Reglamentos y normas

Antes de la inspección sanitaria, el inspector debe revisar los reglamentos y normas concernientes a bombas e instalaciones de bombeo.

Bombas e instalaciones de bombeo

Información básica

Introducción

Existen diversos tipos de bombas y aplicaciones en los sistemas de agua. Las bombas que se utilizan para transportar agua a través del sistema están dentro de la categoría de 'desplazamiento variable' o «centrifugas». Otras aplicaciones usan bombas de desplazamiento positivo, como en la dosificación de sustancias químicas, remoción de lodos, muestreo y compresión de aire. Este capítulo tratará las bombas referidas al agua. Las otras se abordan en capítulos posteriores.

Durante la inspección sanitaria, el inspector debe ser capaz de identificar el tipo de bomba para evaluar su uso adecuado.

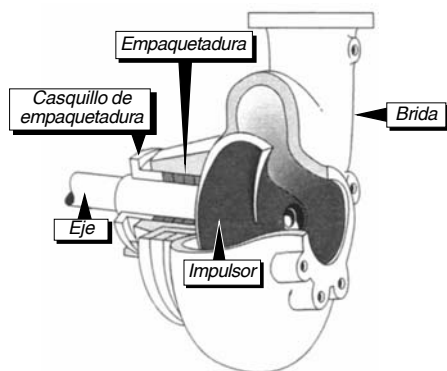
Cada categoría de bomba tiene sus propias características de operación y una serie de aplicaciones. Existen muchos tipos de bombas en cada categoría.

Bombas de caudal variable, aplicaciones y componentes

Caudal variable

Las bombas de desplazamiento variable se usan para grandes volúmenes donde se requiere una tasa de caudal constante (para transportar agua a través de los sistemas de tratamiento y distribución). La tasa de descarga de esas bombas varía de acuerdo con la carga (a medida que aumenta la elevación o carga, disminuye la producción de la bomba). Estas bombas no son autocebantes; por ello, dependen de la carga de succión positiva o de un sello hermético en la entrada de la bomba si el nivel del agua que se va a bombear está por debajo del impulsor de la bomba. El tipo de bomba de desplazamiento variable más común es la centrifuga.

Bombas centrífugas

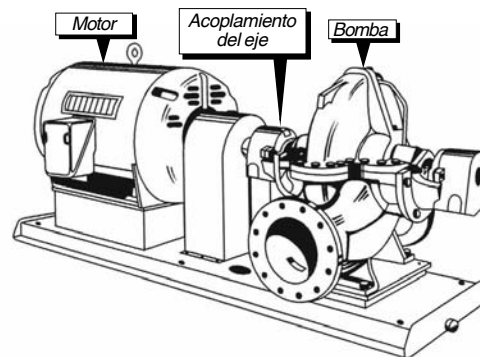
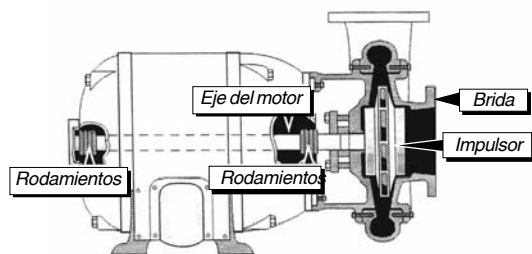


Las bombas centrífugas tienen un impulsor giratorio montado en un eje conectado a la fuente de energía. El impulsor giratorio aumenta la velocidad del agua y la descarga a una tubería diseñada para disminuir el caudal de agua y convertir la velocidad en presión. Las bombas centrífugas equipadas con un sólo impulsor se denominan bombas de una sola etapa, mientras que las que tienen dos o más impulsores se llaman bombas de múltiples etapas. Estas últimas pueden bombear a mayores alturas de descarga, pero no aumentan el caudal.

Aplicaciones en un sistema de agua Existen diversos tipos de bombas centrífugas con múltiples aplicaciones en los sistemas de agua. A continuación se enumeran las aplicaciones más comunes de las bombas centrífugas:

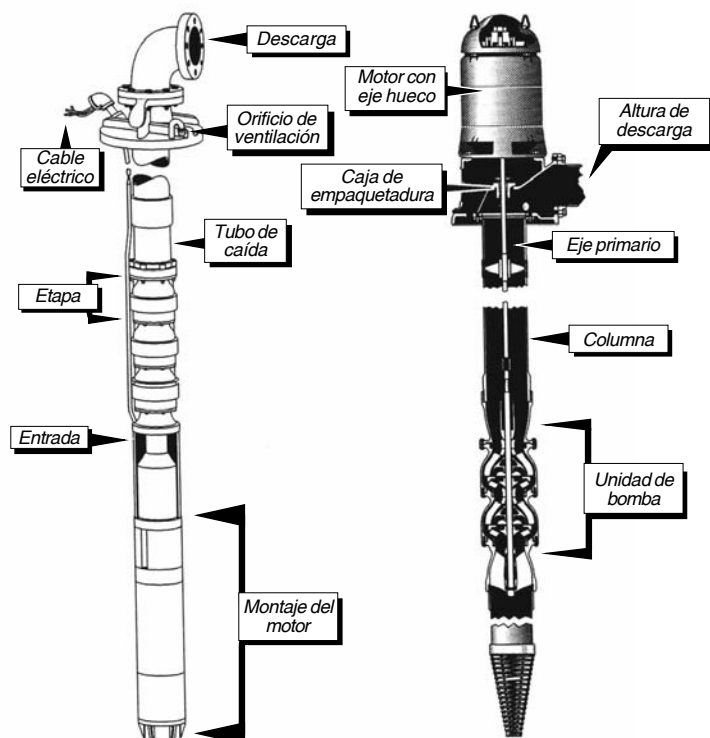
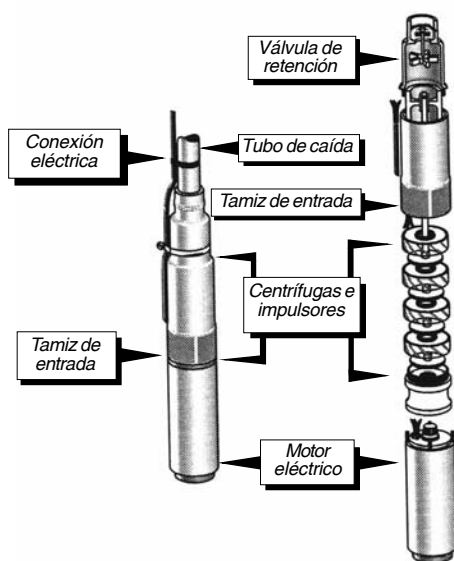
- bombas para pozo (turbina vertical y sumergible)
- bombas para agua cruda
- bombas para agua de retrolavado
- bombas para sistema de cloro gaseoso y reforzadoras de vacío
- bombas para agua tratada (de alta descarga)
- bombas reforzadoras para el sistema de distribución.

Tipos y componentes comunes



Bomba horizontal - Acoplada en forma compactada

Bomba horizontal de doble aspiración

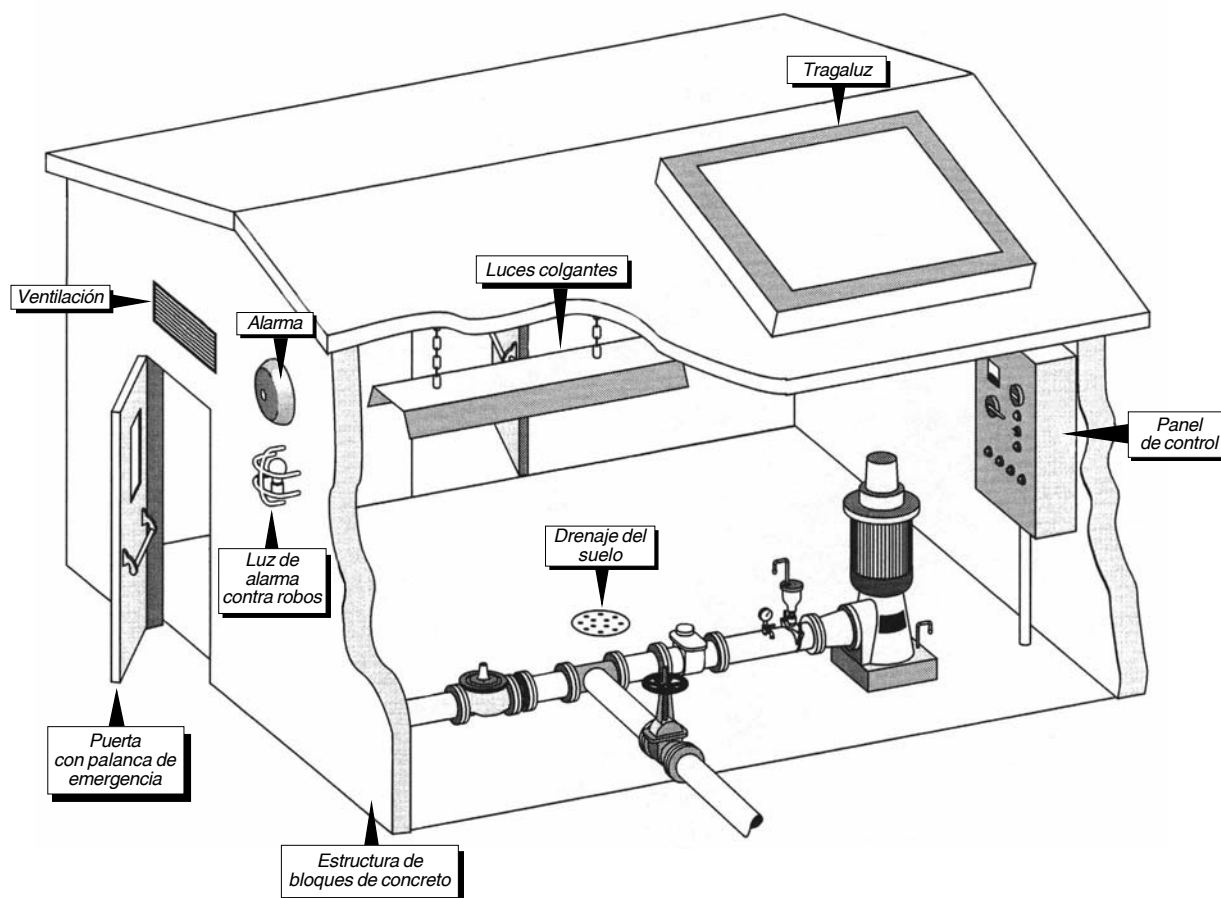


Turbina sumergible

Turbina del eje de transmisión

Riesgos sanitarios de la estación de bombeo y la caseta del pozo

El inspector debe evaluar las instalaciones de los sistemas de bombeo, es decir, las casetas de los pozos y las estaciones de las bombas reforzadoras, de agua tratada y cruda.



1. ¿La seguridad es adecuada?

Las instalaciones de bombeo se deben proteger contra el vandalismo y el ingreso de personas no autorizadas. El perímetro de la propiedad debe estar cercado y las puertas y ventanas del exterior del edificio se deben cerrar con candado. Verifique la presencia de paneles eléctricos, interruptores y válvulas en los alrededores del edificio. Asegúrese de que el público no tenga acceso a ellos. Asimismo, los orificios de drenaje y ventilación en el edificio se deben proteger con mallas para prevenir el ingreso de animales.

2. ¿El edificio y el equipo están protegidos contra inundaciones?

La estación de bombeo se debe ubicar por lo menos a 30 cm por encima del nivel más alto de inundación. La

escorrentía superficial debe drenar lejos de la estación de bombeo. Las estaciones de bombeo se deben diseñar con drenajes adecuados para que el equipo no se inunde en caso de que se rompa una tubería. Los compartimentos que están por debajo del nivel del piso, tales como los pozos de agua y fosas secas, se deben sellar para prevenir la entrada de agua indeseable, ya sea por las paredes o por la escorrentía superficial. Las fosas secas deben incluir un sumidero y una bomba de sumidero. Asegúrese de que los controles eléctricos y motores no estén expuestos a inundaciones.

3. ¿Cuáles son las condiciones de la estructura del edificio?

El inspector debe verificar las condiciones de las paredes, techos, ventanas y puertas para asegurarse de que la lluvia no entre al edificio. Debe verificar que los pisos de concreto y las paredes de mampostería no tengan grietas. Las grietas alrededor de la tubería de las bombas son un indicador de las condiciones del golpe de ariete durante el inicio y final del funcionamiento de la bomba. Esto puede incrementar la presión y ocasionar fisuras en el sistema de distribución.

4. ¿La calefacción, ventilación y alumbrado son adecuados?

En climas fríos, el edificio se deberá calentar para prevenir la congelación de las tuberías. La ventilación es necesaria en todos los climas a fin de reducir el calor, la humedad y la corrosión. El interior del edificio debe tener alumbrado permanente para facilitar la inspección y el mantenimiento durante la noche.

5. ¿El equipo puede recibir mantenimiento y trasladarse fuera del edificio?

Verifique que el equipo esté accesible para la inspección y mantenimiento. Además, deben existir medios para trasladar el equipo pesado fuera del edificio. Por ejemplo, las casetas de pozos deben tener una escotilla desmontable en el techo directamente sobre el pozo. Esto facilitará el traslado del equipo mecánico con una grúa.

6. ¿El local está ordenado y limpio?

El inspector debe observar el orden y limpieza de las instalaciones de bombeo. El polvo se puede combinar con lubricantes y reducir la duración de los engranajes. Asimismo, el polvo y la humedad forman un revestimiento aislante en el bobinado del motor, lo cual puede producir calentamiento. En la mayoría de casos, la falta de orden y limpieza reflejan una operación y mantenimiento deficiente. Sin embargo, no suponga que debido a que una habitación se mantiene ordenada y limpia, se están siguiendo buenas prácticas de O&M.

7. ¿La estación de bombeo también se usa para almacenamiento?

La caseta del equipo de bombeo no se debe usar para almacenar materiales peligrosos, inflamables ni corrosivos. Las sustancias químicas (cloro, hipoclorito, fluoruro e hidróxido de sodio) se deben almacenar en una sala separada del equipo de bombeo y de los controles eléctricos. Para mayor información sobre la dosificación de sustancias químicas y almacenamiento, véase el capítulo 6 sobre procesos de tratamiento de agua.

8. ¿El equipo de seguridad es adecuado?

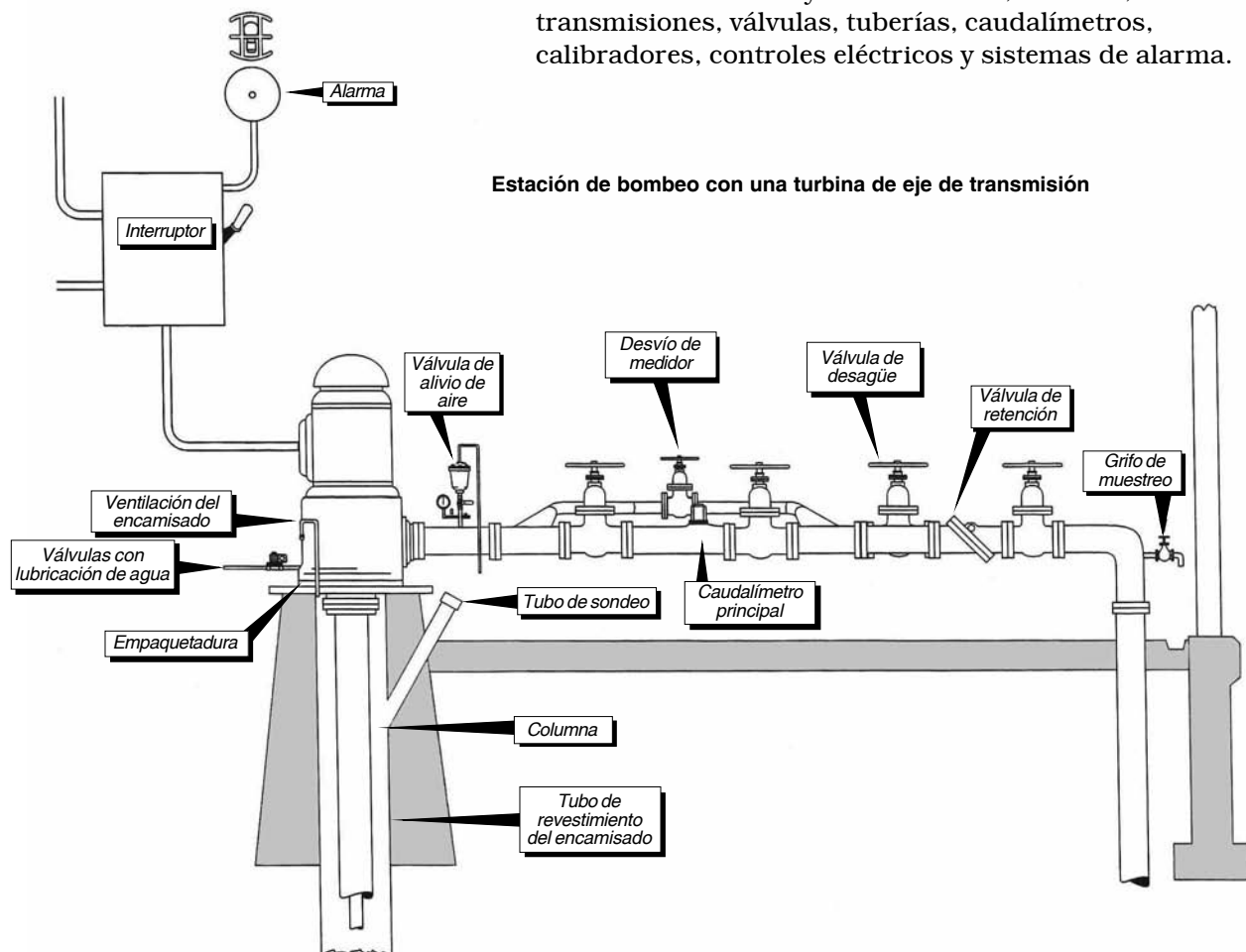
El inspector debe verificar que se hayan identificado todos los espacios confinados del sistema de agua y que cuenten con una ventilación adecuada. El operador deberá prender los ventiladores antes de ingresar. Se deben tomar todas las precauciones de seguridad antes de ingresar a espacios confinados.

Las escaleras de acceso deben estar sujetadas firmemente.

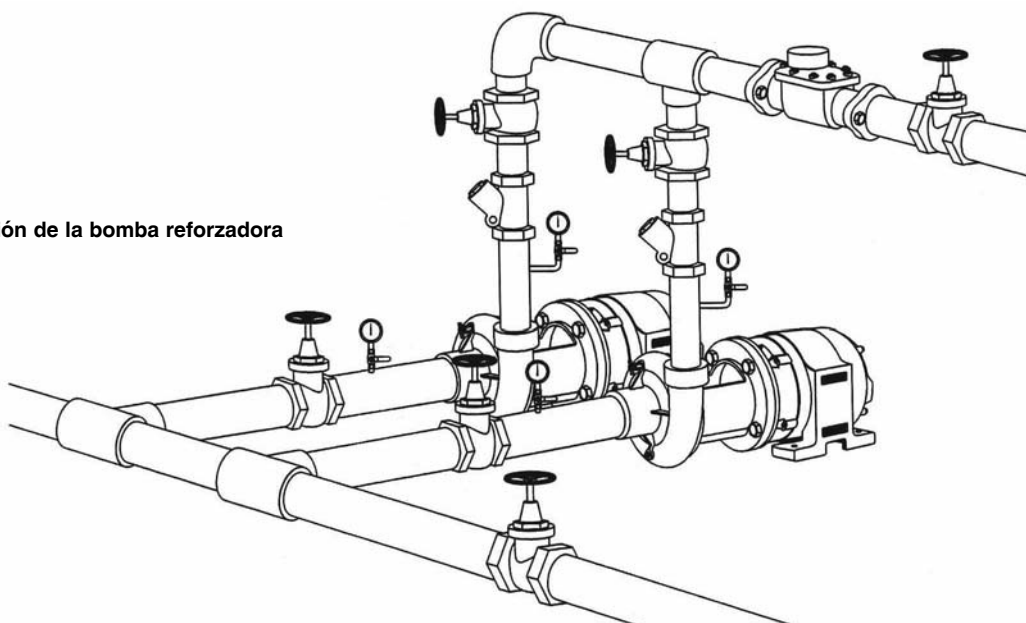
Cada estación de bombeo se debe equipar con un extinguidor de incendios de clase B (líquidos inflamables) y clase C (equipo eléctrico).

Riesgos sanitarios del equipo y accesorios de bombeo

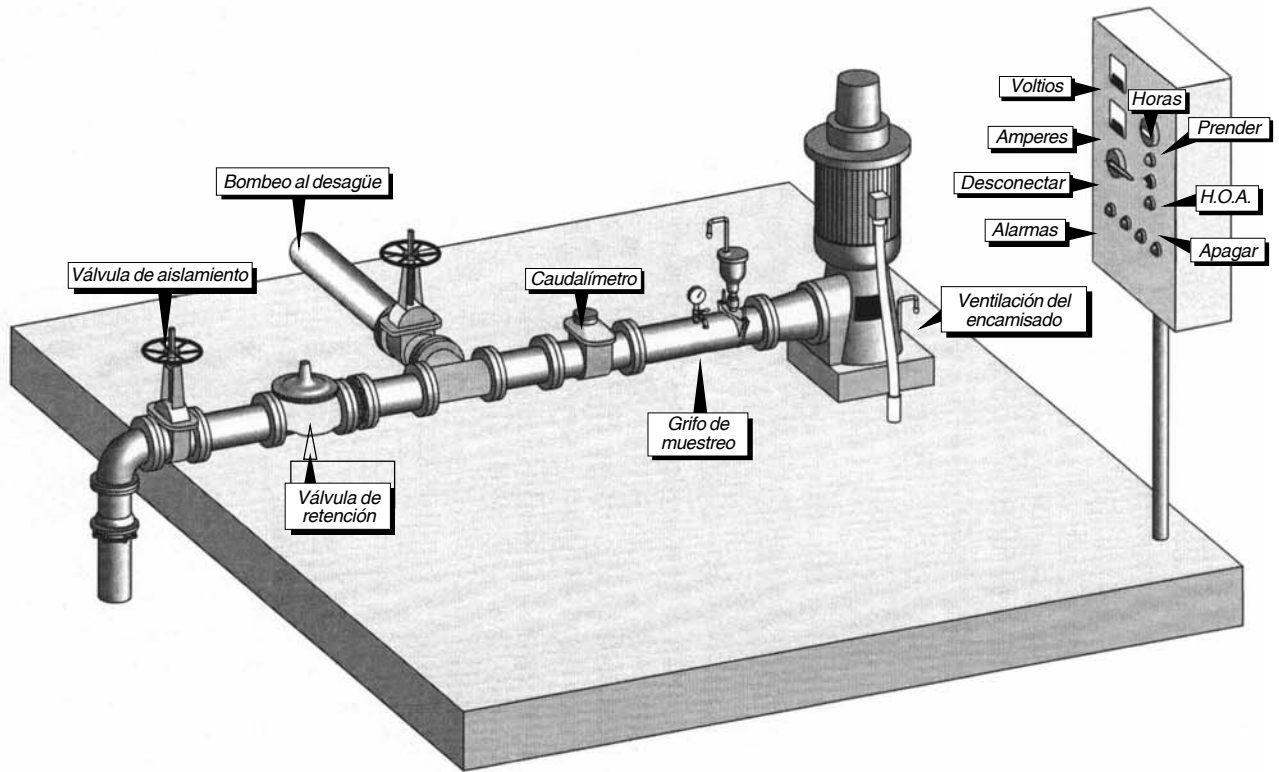
El inspector debe evaluar el equipo de bombeo y sus accesorios. Ello incluye a las bombas, motores, transmisiones, válvulas, tuberías, caudalímetros, calibradores, controles eléctricos y sistemas de alarma.



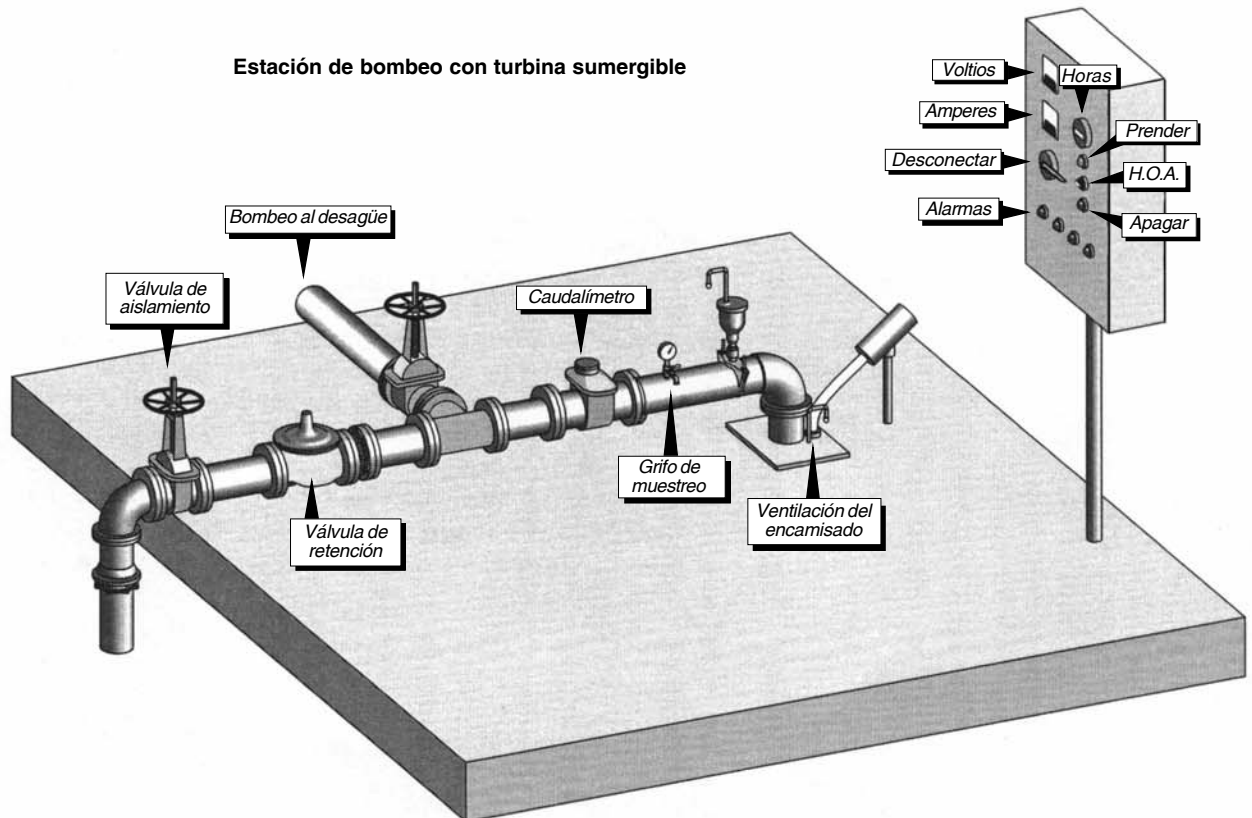
Estación de la bomba reforzadora



Estación de bombeo con una turbina de eje de transmisión



Estación de bombeo con turbina sumergible



Bombas y motores

1. ¿Cuántas bombas hay (incluidas las reservas), de qué tipo y dónde están?

Cada aplicación debe tener por lo menos una unidad alterna de bombeo, excepto en el caso de bombas para pozos donde otro sistema completo proporciona la reserva apropiada. Es importante identificar la bomba adecuada para cada aplicación. Por ejemplo, las bombas centrífugas (de desplazamiento variable) no se deben usar para dosificar sustancias líquidas cuando se requiere una dosificación precisa respecto a un desplazamiento variable. El operador y una revisión de los diagramas de la planta pueden proporcionar esa información.

2. ¿La capacidad real de la estación de bombeo es adecuada para satisfacer la demanda?

Las bombas deben tener amplia capacidad para satisfacer las demandas máximas. La capacidad de reserva necesaria para las bombas puede variar de un estado a otro; sin embargo, una regla general para la aplicación de bombas múltiples y velocidad constante para el abastecimiento de agua es: *Si la bomba más grande no funciona, las otras disponibles deben satisfacer la demanda promedio diaria en un tiempo máximo de bombeo combinado de 18 horas.* La información se puede obtener de los registros de operación del sistema de bombeo.

3. ¿Cuándo y cómo se determina la capacidad de la bomba?

El inspector debe conocer los resultados de cualquier prueba realizada a las bombas, cuándo fue la última prueba y si se empleó el método correcto. Esto es muy importante cuando se utilizan medidores del tiempo de bombeo para estimar la producción de agua. Por ejemplo, hace 10 años la bomba podía haber operado un promedio de 8 horas al día. Ahora, la misma opera un promedio de 12 horas diarias. La pregunta es: ¿el incremento del tiempo de operación se debe al aumento del caudal, a un cambio en la estrategia de operación o se ha reducido la capacidad de producción de la bomba por un incremento en la carga de operación o desgaste mecánico? Esto sólo se puede verificar con un caudalímetro en servicio, manómetros y registros adecuados de operación. Cuando se revisan los registros de operación y prueba de las bombas, el inspector debe determinar si dos bombas similares tienen la misma producción.

4. ¿Cuál es la condición del equipo?

● **TODAS las unidades funcionan**

Todas las bombas deben funcionar. Si sólo una de las dos bombas para agua cruda funciona, representa un grave riesgo para la salud. El inspector debe averiguar cómo operan las bombas. Pregunte con qué frecuencia se prueban las unidades de reserva. Si no ocasionan ninguna interrupción en la operación, el inspector debe pedir que se opere cada unidad, una a la vez, para poder hacer las observaciones. Cuando la bomba esté en operación, el inspector debe observar cualquier ruido, vibración, calor u olor excesivos y fugas de agua o lubricante. El inspector también debe buscar signos de humedad y polvo alrededor de los orificios de ventilación del motor.

● **Ruido, vibración, calor y olor excesivos**

Mientras está en funcionamiento, el motor de la bomba debe tener un sonido suave y no debe calentarse excesivamente. El ruido, vibración y calor excesivos indican problemas graves, como falla en los rodamientos, falta de alineación del eje, cavitación de la bomba, desgaste del impulsor o avería del motor. El calor, el olor del ozono o de la quema de la empaquetadura representan problemas que incluyen fallas en las bobinas del motor, energía deficiente o excesiva, conexiones flojas y deficiencias en el sistema de control del motor. Todos los aspectos enumerados indican que es necesario un mantenimiento inmediato.

● **Fugas de agua**

Si bien la caja de empaquetadura de la bomba requiere un goteo constante a través del casquillo, este no debe ser excesivo, no debe generar humedad alrededor del motor, no debe crear condiciones inseguras alrededor de la caseta ni facilitar el ingreso de contaminantes al agua cuando se paraliza la bomba y se puedan crear vacíos en la caja de empaquetadura.

● **Polvo y suciedad**

El inspector deber buscar huellas de polvo alrededor de las aspas de ventilación del motor y en las entradas de aire. El polvo inhibe el flujo de aire necesario para enfriar las bobinas del motor.

● **Fuga de lubricante**

Las bombas y motores no se deben lubricar en exceso, ya que pueden producir fallas en los rodamientos y calentar el motor. Los signos de lubricación excesiva e inapropiada son la grasa que sale de los sellos de los rodamientos y la acumulación de grasa o aceite alrededor de la bomba o motor.

5. ¿Se usan los tipos correctos de lubricante?

Se deben usar lubricantes aprobados siempre que exista contacto con el suministro de agua (por ejemplo, en la caja de empaquetadura, rodamiento de los ejes del pozo, válvulas de retención). No es necesario usar lubricantes aprobados en componentes que no tienen contacto directo con el agua (rodamientos del motor, ejes y rodamientos externos de la bomba). Todos los lubricantes usados deben cumplir con las recomendaciones del fabricante del equipo.

6. ¿La frecuencia y cantidad de lubricación son adecuadas?

El inspector debe observar el nivel y apariencia del aceite en los depósitos de lubricante de la bomba y del motor para determinar si la lubricación es adecuada. Si el aceite presenta una apariencia lechosa significa que está contaminado con humedad. En el caso de bombas para pozos, el tipo y cantidad de lubricación son sumamente importantes. Algunos sistemas de bombeo con turbinas verticales se diseñan con ejes de rodamiento lubricados con aceite. Si el tubo de sellado se avería alrededor de uno de esos rodamientos, se producirá la entrada de aceite al agua. El inspector debe averiguar la cantidad de aceite que el operador agrega regularmente y compararla con la cantidad utilizada cuando el equipo estaba nuevo. Un aumento significativo de aceite es un signo claro de que el sello está roto.

Para rodamientos lubricados, una señal de que no siguen los procedimientos de lubricación adecuados es pintura intacta sobre las copas o dispositivos de grasa y los tapones de salida.

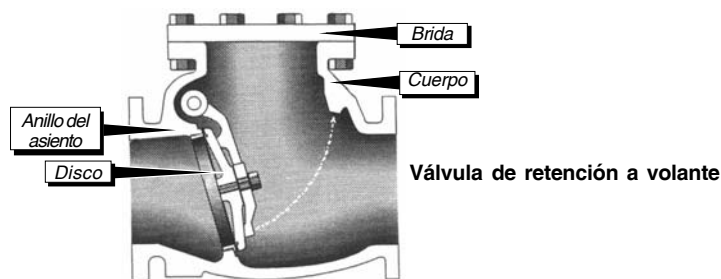
Un plan de mantenimiento preventivo debe incluir un programa de lubricación.

Accesorios

1. ¿Los sistemas de bombeo se equipan con:

a. ¿válvulas de retención?

Cada bomba debe tener una válvula de retención en los sistemas de bomba centrífuga.

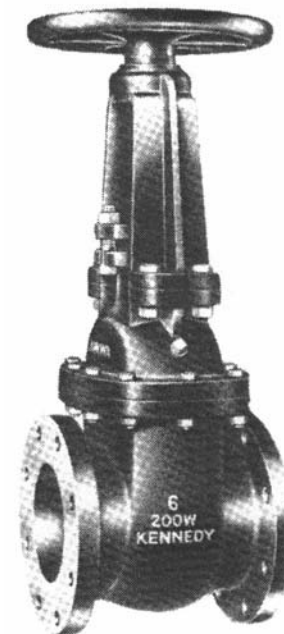


Durante la inspección sanitaria, mientras observa la operación de cada unidad de bombeo, se debe prestar

atención al comportamiento de la válvula de retención durante el encendido y apagado de las unidades. La válvula de retención no se debe abrir ni cerrar bruscamente. Si esto sucede, se puede producir un golpe de ariete o carga de presión en el sistema de distribución, lo cual podría ocasionar rupturas en la tubería matriz o en la de servicio. Cuando la bomba no está en operación, el eje de propulsión no debe girar hacia atrás. La rotación hacia atrás indica que la válvula de retención no funciona y, en algunos casos, podría hacer que el impulsor se desconecte del eje de propulsión.

b. ¿válvulas de aislamiento?

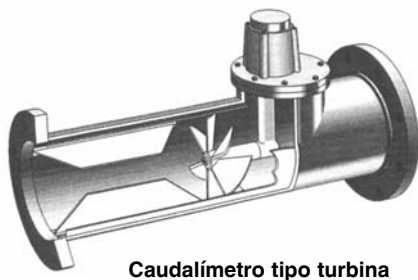
Cada bomba debe tener una válvula de aislamiento en la tubería de descarga. En sistemas donde el nivel de captación de agua está por encima del impulsor de la bomba (aplicación de “succión inundada” o “carga de succión”), también se requiere una válvula de aislamiento en la entrada de cada bomba. Las válvulas de aislamiento facilitan la remoción de la bomba para su mantenimiento. La existencia de una válvula no implica necesariamente que esté en operación. El inspector debe preguntar con qué frecuencia se utilizan las válvulas y debe solicitar al operador que abra y cierre una o más válvulas.



Válvula esclusa

c. ¿manómetros?

Cada bomba debe tener un manómetro en la descarga para medir las condiciones reales de la carga durante la operación. El manómetro y caudalímetro son importantes para determinar la capacidad de la bomba y detectar cambios en las condiciones de operación. Las bombas reforzadoras del sistema de distribución se deben equipar no sólo con manómetros en la descarga, sino también con caudalímetros compuestos ubicados en la entrada de la bomba. Los caudalímetros compuestos miden las presiones positivas y negativas. La presión en la entrada de las bombas reforzadoras de distribución no debe estar por debajo de las 20 libras por pulgada cuadrada, ya que las presiones más bajas pueden causar problemas de contracorriente en el sistema de distribución aguas arriba de la bomba reforzadora.



Caudalímetro tipo turbina

d. ¿caudalímetro?

El inspector debe observar si la bomba tiene un caudalímetro y si funciona adecuadamente. Además de proporcionar la cantidad exacta de agua bombeada, el medidor puede ayudar al operador a detectar cambios en el sistema y tomar medidas correctivas antes de que se produzca un problema grave. Los caudalímetros se deben equipar con totalizadores para registrar la cantidad total de agua bombeada durante un período dado.

e. ¿tubería de descarga?

Los sistemas de bombeo, especialmente las bombas para pozo y agua cruda, se deben equipar con válvulas de aislamiento y tuberías para permitir la descarga libre y no a la tubería de suministro de agua. Esto facilita la limpieza de la fuente de agua más próxima así como la prueba de la bomba.

Bombas para pozos

f. ¿válvula de alivio al vacío o a presión?

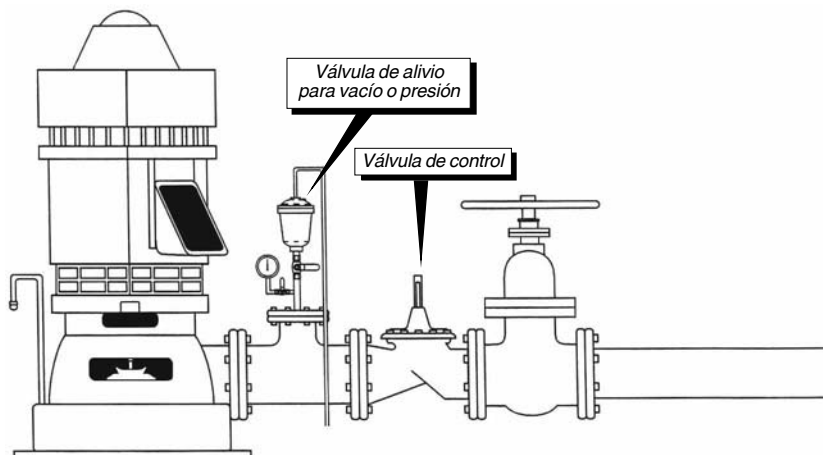
Los sistemas de bombeo de pozos se deben equipar con una válvula de pie (bombas sumergibles) o unidades de alivio de aire o vacío (bombas con turbina vertical) para prevenir la entrada de aire al sistema de distribución cuando se activan y para evitar el vacío y posible colapso de la tubería cuando se desactivan. El inspector debe verificar que la válvula de alivio se abra adecuadamente después de apagar la bomba y se cierre apropiadamente luego de encender la bomba. La tubería de descarga en la válvula de alivio debe estar girada hacia abajo, tener una rejilla y terminar con un adecuado espacio sobre el piso.

2. ¿Existen conexiones cruzadas?

Las conexiones cruzadas en los sistemas de bombeo se pueden encontrar en:

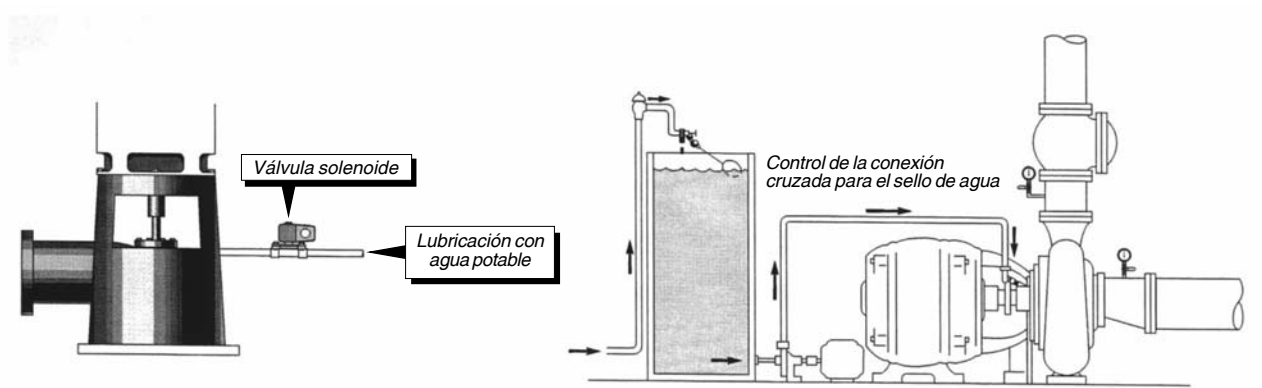
- sistemas de agua con rodamientos lubricados

Turbina con transmisión de eje con válvula de alivio



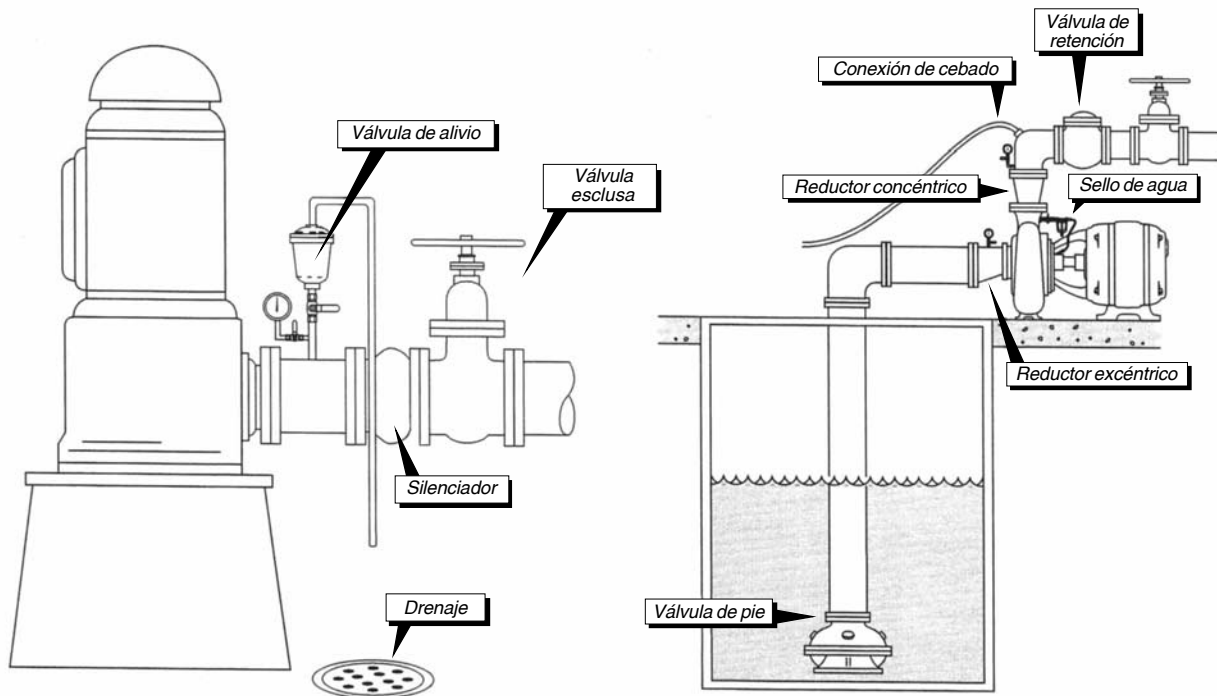
- sistemas de bombeo con lubricación en el sello de agua
- tuberías de descarga al vacío y a presión
- tuberías de cebado para bombas de aspiración.

En todos estos casos, si se usa agua tratada como fuente para estos sistemas, se puede producir una contracorriente. Por ello, se deben proteger adecuadamente con un intervalo de aire o dispositivo aprobado de prevención de contracorrientes. En el capítulo 8 se describe detalladamente las conexiones cruzadas con los ejemplos respectivos.



Lubricación de rodamientos con agua

Sistema de bombeo de agua cruda con sello de agua



Tubería de alivio para vacío o presión

Tubería de cebado en bomba de aspiración

Controles

1. Los sistemas de control del motor:

a. ¿Están diseñados adecuadamente y son confiables?

La mayoría de los sistemas de agua están equipados con sistemas automáticos para controlar los ciclos de bombeo. El inspector debe evaluar el sistema de control y determinar si es apropiado para la aplicación, si funciona adecuadamente y si está equipado con un interruptor manual de invalidación. Las bombas que suministran agua al sistema de distribución se deben controlar automáticamente de acuerdo con la presión del sistema. Las bombas para agua tratada controladas sólo por relojes son un ejemplo de aplicación inapropiada del sistema de control. En ese caso, las bombas no suministrarán agua adicional si existe una demanda excepcionalmente alta por ruptura de una tubería principal o para el control de incendios. Esto podría causar baja presión o pérdida total del suministro de agua. Una pregunta que el inspector debe hacer al operador es: ¿con qué frecuencia se reconectan automáticamente los controles del motor u opera las bombas manualmente para mantener la presión del sistema?

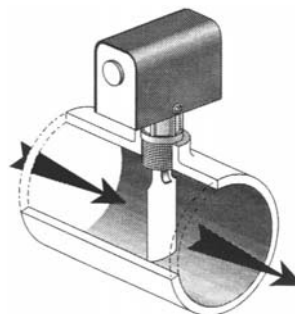
b. ¿Hay alarmas en caso de fallas?

El sistema de control de bombas debe estar equipado con sistemas de alarma en caso de fallas. Si la bomba no se activa o se detiene por cualquier motivo que no sea el apagado normal del ciclo automático, se debe activar un sistema de alarma. También se debe considerar el tipo de alarma. Muchas estaciones de bombeo están equipadas con alarmas de luces intermitentes o bocinas ubicadas fuera del edificio que se activan en caso haya fallas en el sistema. Este tipo de sistema requiere que alguien observe y escuche la alarma para que luego llame al operador del sistema de agua. Desde luego, éste no es un sistema infalible. Un sistema más confiable consta de una alarma conectada a una línea telefónica que marca automáticamente números programados hasta que conteste quien pueda solucionar el problema.

c. ¿Hay dispositivos de seguridad en caso de fallas?

Se debe evaluar la secuencia de control del equipo que funciona conjuntamente con la bomba y el motor principal. Por ejemplo, el suministro eléctrico de un dosificador de sustancias químicas que se activa automáticamente con el motor de la bomba de agua debe tener un dispositivo que lo apague automáticamente en caso de que no haya bombeo de agua. Esto se puede lograr al instalar un interruptor de parada de “caudal bajo” o de “presión baja” entre la bomba y la válvula de retención. Este dispositivo debe ser sensible al caudal o

presión de agua para poder activar el dosificador de sustancias químicas. En muchos casos, la ausencia de ese dispositivo ha producido una excesiva **dosificación**.



d. ¿Están equipados con contadores de tiempo (CT)?

Cada bomba de los sistemas de control del motor debe tener un CT. Un CT es similar a un odómetro de automóvil y registra el tiempo de funcionamiento de los motores de la bomba. El operador puede usar esta información para programar el mantenimiento, calcular la producción de la bomba y comparar los ciclos de funcionamiento y la eficiencia de las unidades de bombeo.

e. ¿Están protegidos adecuadamente?

El inspector debe observar el estado general de los dispositivos de control y verificar que el equipo se mantenga en cabinas protegidas. Las cabinas de control ubicadas fuera del edificio se deben asegurar y deben tener protección contra cambios climáticos. El público no debe tener acceso a los interruptores de control, tales como interruptores de apagado o reconexión automático o manual.

f. ¿Se mantienen adecuadamente?

Los sistemas de control se deben incluir en el plan de mantenimiento preventivo del sistema de agua. El mantenimiento de estos sistemas requiere experiencia en controles industriales. El operador debe estar capacitado en esta área o debe contar con la ayuda de un experto para solucionar cualquier falla en el sistema.

Seguridad

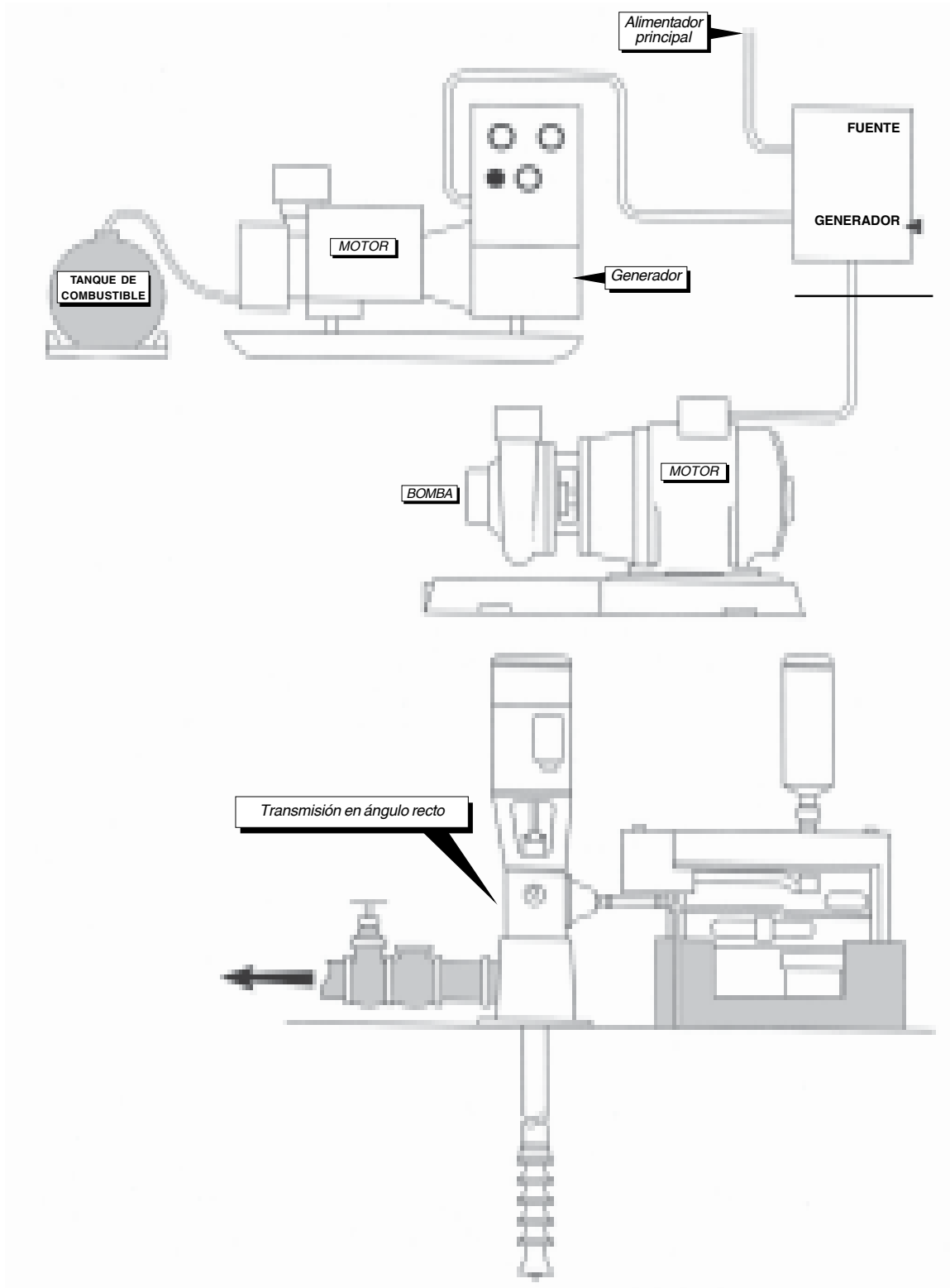
1. ¿El equipo rotatorio y eléctrico tiene protectores?

El inspector se debe preocupar no sólo por los aspectos sanitarios del equipo sino también por los aspectos de seguridad. Debe verificar que las cintas, engranajes, ejes rotatorios e instalaciones eléctricas se protejan adecuadamente para prevenir cualquier accidente.

(Nota: Mientras realice la inspección sanitaria, el inspector no debe usar ropa holgada ni corbata).

Riesgos sanitarios de la energía auxiliar

El inspector debe evaluar la necesidad de contar con energía auxiliar y si es necesario, el diseño, condición y O&M de las unidades de energía auxiliar (UEA).



1. ¿Se requiere y proporciona energía auxiliar?

La energía auxiliar puede ser necesaria para la operación continua de un sistema de agua. Es especialmente importante en áreas donde las interrupciones del suministro eléctrico son frecuentes y cuando el almacenamiento de agua es limitado. El inspector debe evaluar la frecuencia y duración de las interrupciones previas del suministro eléctrico y los efectos sobre el abastecimiento de agua. También se deben consultar las normas estatales de diseño para determinar la necesidad de energía auxiliar.

2. ¿Qué tipo de energía auxiliar se provee y cómo se activa?

Se puede suministrar energía de emergencia con un generador auxiliar operado con motores de petróleo o gasolina o motores conectados directamente al eje de la bomba a través de un mecanismo de transmisión en ángulo recto. La unidad de energía auxiliar (UEA) se debe activar automáticamente después del corte de energía. Debe haber un «interruptor de transferencia automática» que transfiera la carga actual a la unidad de energía auxiliar. Si hay un corte de energía, no se debe requerir que el operador encienda manualmente la UEA y que transfiera la carga, aunque también se debe contar con dispositivos para la operación manual.

3. ¿La unidad de energía auxiliar abastece a todos los sistemas eléctricos de la estación de bombeo?

Además del motor de la bomba, la UEA debe suplir de energía eléctrica a toda la estación de bombeo, incluidas las luces, calefacción, ventilación, controles automáticos y, más importante aún, cualquier sistema de dosificación de sustancias químicas. Sin embargo, existe un problema con los sistemas operados mecánicamente (con transmisión en ángulo recto), porque sólo generan energía para la bomba de agua. En ese caso, durante las principales interrupciones de suministro eléctrico, el agua no tratada o parcialmente tratada se bombea al sistema de distribución.

4. ¿Dónde está el tanque de combustible?

¿El tanque de combustible de la UEA está bajo tierra? En ese caso, ¿existe riesgo de fuga de combustible hacia el suministro de agua? Si el tanque de combustible está a nivel del suelo, se debe montar dentro de un contenedor contra derrames.

5. ¿La unidad de energía auxiliar se usa y prueba de manera regular y adecuada?

El inspector debe evaluar la frecuencia y método de uso y prueba de la UEA. El sistema se debe probar una vez por semana como mínimo en presencia de un operador.

Si la UEA se prueba automáticamente sin la presencia del operador, no hay forma de monitorear el rendimiento del sistema ni de detectar pequeños problemas antes de que se acentúen. Por otro lado, esos sistemas se deben probar con una carga. La UEA se debe usar como fuente de energía para la instalación de bombeo durante el período de prueba. Este procedimiento asegura que todas las funciones de la UEA se evalúen y se ejecuten adecuadamente. Se debe guardar los registros de prueba de la UEA, incluidas las lecturas del motor y del generador.

6. ¿La unidad de energía auxiliar se mantiene en buen estado y se protege?

El inspector debe verificar que la UEA se incluya en el programa de mantenimiento preventivo. El mantenimiento regular se debe realizar según las recomendaciones del fabricante. El inspector debe verificar visualmente el estado general de la unidad con el fin de encontrar rastros de líquidos o lubricantes derramados. La UEA debe estar cercada si se encuentra en el exterior. Los orificios de ventilación se deben proteger con mallas para prevenir el ingreso de animales. El público no debe tener acceso a la UEA.

7. ¿Existen conexiones cruzadas entre la energía auxiliar y el agua potable?

Algunos motores para la UEA usan agua de bebida para el sistema de enfriamiento. El inspector debe determinar cómo se enfría el motor. Si se usa agua de bebida, el refrigerante no debe regresar al sistema potable y la conexión entre el agua y el motor se debe proteger con una trampa o dispositivos aprobados para la prevención de contracorrientes.

Riesgos sanitarios de la operación y mantenimiento

En este capítulo se ha tratado aspectos de O&M para equipos específicos. Durante la inspección sanitaria, el inspector también debe evaluar el enfoque general de la O&M en relación con los sistemas de bombeo desde el punto de vista programático.

1. ¿El número y capacitación del personal son adecuados para operar y mantener las instalaciones de bombeo?

La evaluación del personal administrativo y de operación se debe realizar según las recomendaciones del capítulo 10. Se debe capacitar al personal responsable para que solucione las fallas de los sistemas de bombeo y mantenimiento de los sistemas eléctricos y mecánicos. Si no hay personal competente en esas áreas, el mantenimiento debe estar a cargo de contratistas.

2. ¿Se mantienen registros adecuados de operación para las estaciones de bombeo?

Cada unidad de bombeo incluiría, pero no se limitaría a: presiones de succión y descarga, horas de operación, lecturas del caudalímetro y lecturas de amperaje y voltaje.

3. ¿Los procedimientos estandarizados de operación están disponibles por escrito? ¿Se siguen?

Se debe proporcionar instrucciones de operación por escrito a todos los operadores. Los procedimientos pueden ser tan complejos como un manual de operaciones o tan sencillos como una página de instrucciones. Deben considerar aspectos tales como la operación e inspección diaria (lista de verificación), procedimientos de encendido y apagado y respuesta a fallas del equipo y otras condiciones de emergencia (planes de contingencia).

4. ¿Se cuenta con un programa documentado de mantenimiento preventivo (MP)?

Las prácticas inadecuadas de mantenimiento pueden producir fallas en el sistema y deficiencias sanitarias. Se debe establecer y seguir un programa escrito de MP para cada equipo de la instalación de bombeo. Este programa debe estar basado en las tareas de mantenimiento recomendadas por el fabricante y se deben mantener los registros correspondientes. En general, los pequeños sistemas de agua necesitan programas de MP menos sofisticados; sin embargo, todos los sistemas de agua deben tener un programa, aunque sea básico. El inspector debe determinar si existen componentes específicos de un programa de MP y debe solicitarlos. Los componentes esenciales de un programa de MP incluyen:

Inventario del equipo	Registro con datos como: números de modelo y serie, registros de los fabricantes y especificaciones del rendimiento.
Información técnica de los fabricantes	Los fabricantes incluyen datos técnicos sobre el equipo, tales como especificaciones de O&M, diagramas y listas de repuestos.
Tareas y cronograma del MP por escrito	Incluye una lista de tareas de MP (de los manuales de O&M), un cronograma e instrucciones para cumplir las tareas. Pueden estar computarizados o, en sistemas más pequeños, se pueden registrar simplemente en tarjetas.
Registros del mantenimiento	En sistemas pequeños se pueden registrar en tarjetas. El inspector debe buscar las más recientes y compararlas con la lista de tareas.
Lista de recursos técnicos	Debe incluir representantes de servicios y fabricantes de repuestos, especialistas locales para mantenimiento de instrumentos, electricistas, mecánicos especialistas y contratistas de construcción.
Herramientas	El operador debe tener un equipo completo de herramientas para el mantenimiento básico.
Inventario de repuestos	Las piezas importantes y de reemplazo frecuente se deben incluir en el inventario del sistema de agua. Los materiales que no estén en el almacén se deben obtener de proveedores locales o representantes autorizados.

Reservorios

Las instalaciones de almacenamiento de agua tratada desempeñan una función vital en el abastecimiento de agua segura, adecuada y confiable. Las escuelas, hospitales, asilos, fábricas y casas particulares dependen de un abastecimiento constante y confiable de agua segura.

Si no se logra mantener la integridad estructural y sanitaria de las instalaciones de almacenamiento, se pueden producir pérdidas en la propiedad, enfermedades y muerte.

Objetivos del aprendizaje

- Examinar los principales componentes de los tanques de almacenamiento de agua tratada, apoyados en el terreno, elevados e hidroneumáticos.
- Identificar los datos claves de diseño, mantenimiento y operación de los reservorios para determinar su adecuación y confiabilidad.
- Evaluar las prácticas y equipo de seguridad del operador en relación con los reservorios.
- Reconocer los riesgos sanitarios relacionados con la capacidad, condición física y operación de los sistemas de almacenamiento, tales como volumen y presión inadecuados, contaminación por animales e insectos, corrosión, desgaste de metales y vandalismo.

Recolección de datos

Para evaluar y estimar los riesgos sanitarios del almacenamiento de agua, el inspector debe recolectar los siguientes datos:

- tipo y volumen de las instalaciones de almacenamiento
- resultados de la última inspección
- normas usadas para la construcción de tanques
- presiones máximas y mínimas en los sitios altos y bajos del sistema
- número de zonas de presión en el sistema
- presiones máximas y mínimas en cada zona de presión
- documentación de la aprobación estatal para los cambios o instalación de tanques
- existencia de un modelo hidráulico del sistema
- tipo de prueba para el cloro residual.

Reglamentos y normas

Antes de la inspección, el inspector debe revisar los reglamentos para:

- el ingreso a espacios confinados
- la desinfección de reservorios de agua
- tuberías usadas en el sistema
- la construcción de sistemas
- los requisitos del cloro residual.

Reservorios

Información básica

Propósito del almacenamiento

La finalidad del almacenamiento es asegurar la disponibilidad constante de agua segura en situaciones normales y de emergencia.

Pozo de agua tratada

El almacenamiento de agua tratada a menudo se inicia en la planta de tratamiento en lo que se conoce como pozo de agua clara o tratada. En el sistema de distribución, los tanques de almacenamiento generalmente se colocan sobre soportes de acero o se construyen en una elevación para que haya presión del agua. Los sistemas más pequeños suelen usar un tanque que proporciona presión, conocido como tanque hidroneumático.

Volumen y presión adecuados

El servicio de agua deben proveer agua segura en todo momento:

- en volúmenes adecuados
- con presión suficiente (normalmente no menos de 2,4 kgf/cm² ó 24 m de columna de agua en cualquier punto del sistema)

Impacto del almacenamiento deficiente

La presión baja, volúmenes inadecuados y la contaminación de los reservorios son el resultado de deficiencias en:

- diseño
- construcción
- operación
- mantenimiento.

Variación en la demanda de agua

A lo largo del día se producen cambios significativos en la demanda de agua del sistema de distribución. Por ello, un reservorio de agua tratada actúa como una reserva o amortiguador y previene cambios súbitos en la presión de agua. A continuación se presenta un ejemplo de la variación de la demanda de agua en un día.

Ejemplo:

Población servida: 800 personas

Uso promedio per cápita: 100 galones por día

$800 \times 100 = 80.000$ galones por día, demanda promedio diaria (DPD)

Hay una torre de almacenamiento elevado con 100.000 galones

Dos bombas abastecen al sistema y llenan la torre con caudales de bombeo de:

85 gpm 122.400 gpd
120 gpm 172.800 gpd

Nota: gpm = galones por minuto, gpd = galones por día.

Una demanda promedio diaria de 80.000 galones por día equivale a 56 gpm. Sin embargo, un gpm promedio no es muy representativo. Como se muestra en el cuadro, la demanda varía significativamente entre las 3.00 horas (menor demanda) y las 15.00 horas (mayor demanda) por el incendio en una casa pequeña.

Hora	3.00 horas	7.00 horas	15.00 horas
Demanda promedio	Demanda baja	Duchas, lavado de vajilla	Incendio
Demanda en gpm	56 gpm	30 gpm	750 gpm – 1.000 gpm

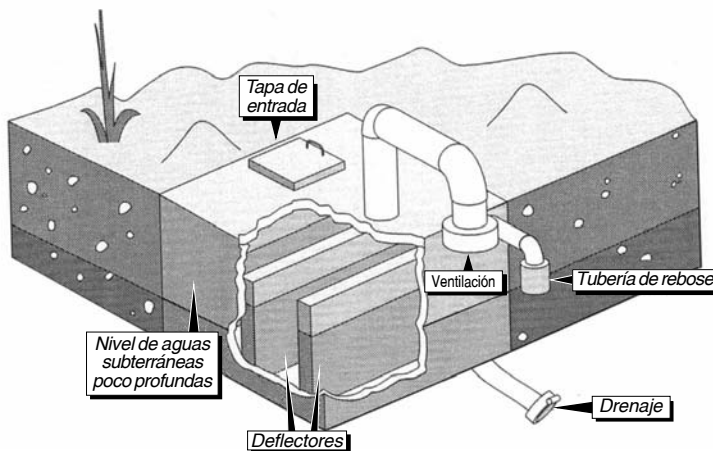
Capacidad individual insuficiente de las bombas

Si bien cada bomba puede bombear los 80.000 gpd necesarios para las 24 horas, ninguna es capaz de mantener individualmente la demanda máxima diaria. El agua almacenada en la torre compensa la diferencia.

Además, la demanda de agua varía cada día y de una estación a otra.

Pozo de agua tratada

Los pozos de agua tratada a menudo se ubican en tanques subterráneos que proporcionan un reservorio de agua clara de donde se bombea agua para el almacenamiento y distribución. Generalmente, el tiempo de contacto se logra en el pozo, a menudo con deflectores o pantallas para asegurar una CT adecuada.



Almacenamiento por gravedad

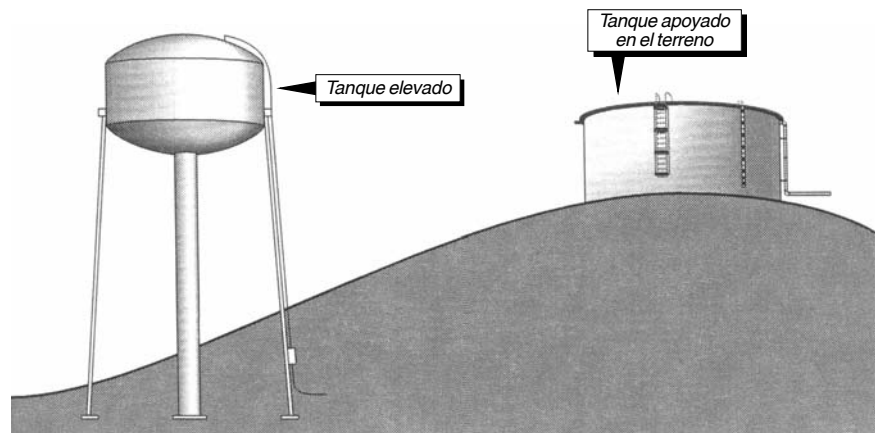
Nota: Muchos de los siguientes puntos se aplican a pozos de agua clara y al almacenamiento en el sistema de distribución.

Tipos

Las instalaciones (tanques) de almacenamiento por gravedad se deben colocar en un lugar elevado para mantener la presión suficiente en el sistema a fin de atender a todos los usuarios del área de servicio. Esa elevación se logra al:

- Montar el tanque en soportes estructurales sobre el terreno.

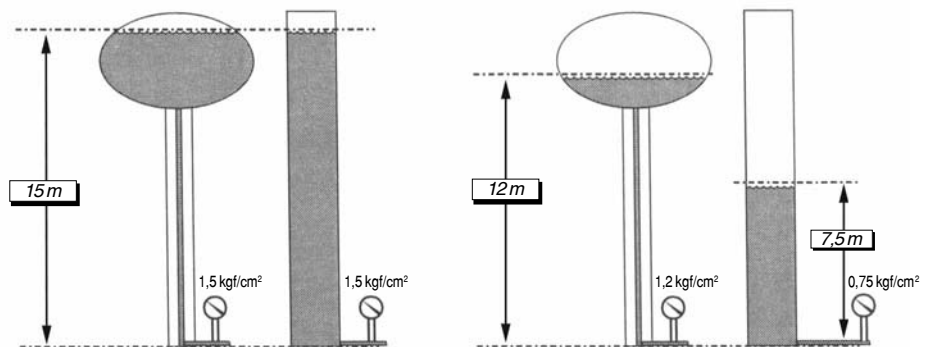
- Construir el tanque en una colina o promontorio.



Preferencia por tanques de gran diámetro

En sistemas que utilizan almacenamiento por gravedad, la presión de carga del sistema de distribución fluctúa según el nivel de agua del tanque.

Se prefieren los tanques de almacenamiento poco profundos y de mayor diámetro que aquellos profundos y de menor diámetro porque los primeros tienen más agua por metro de descenso de nivel y, por ende, son menos propensos a los cambios de presión.

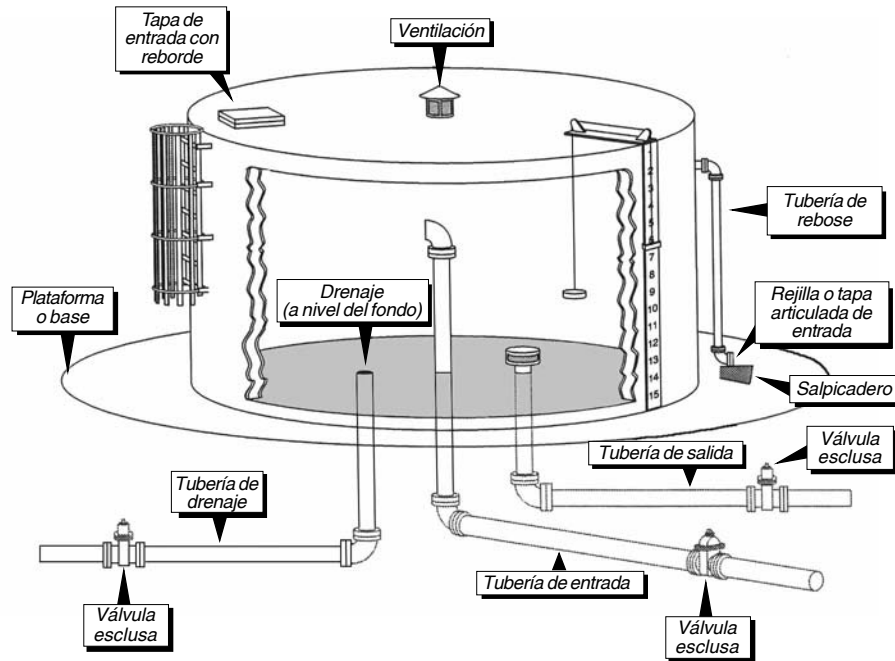


Materiales

Los tanques de almacenamiento se construyen usualmente con acero o concreto reforzado. Las torres de agua y tanques elevados prefabricados tienen diversas capacidades. Los tanques de concreto precomprimido son comunes a nivel del terreno y subterráneos. Son muy populares ya que requieren menos mantenimiento que los de acero.

Componentes

Además del tanque básico, los reservorios (para tanques elevados y pozos de agua clara) incluyen algunos o todos estos componentes:



Componentes y propósito

Ítem	Propósito
Cubierta o techo	Protege contra la lluvia y sustancias extrañas (aves, excrementos de aves, hojas, etc.). No debe haber ninguna brecha entre las uniones del techo y las paredes laterales.
Ventilación (con rejilla)	Los tanques por gravedad deben 'respirar' mientras se llenan y vacían. Un orificio de ventilación obstruido puede causar daño estructural en el tanque debido a un vacío o exceso de presión. La ventilación debe tener una rejilla para evitar el ingreso de aves, insectos y mamíferos.
Tubería de rebose (con rejilla)	Previene el exceso de presión y el daño estructural en el tanque y sistema de distribución si no se apagan las bombas de suministro. En el área de rebose se requiere una rejilla para evitar el ingreso de aves, insectos y mamíferos.
Tubería de entrada y salida	Conexión del sistema de distribución para llenar y vaciar el tanque.
Tubería de drenaje	Vacía la instalación de almacenamiento (pero no en el sistema distribución).
Válvulas esclusas	Aísla el tanque del sistema distribución
Tapas de acceso	Para la inspección y mantenimiento.
Placas de protección catódica	Acceso a las varillas de protección catódica.
Escaleras y pasillos	Para la inspección y mantenimiento del interior y exterior. Los pasillos interiores deben tener un piso

	sólido con bordes elevados para evitar que el agua se ensucie.
Cerca	Para la vigilancia y seguridad.
Escala hidrométrica con flotador	Para medir el nivel de agua en el tanque.
Sensor ultrasónico	Para medir el nivel de agua en el tanque.
Manómetro	Para medir la presión o carga ejercida por el agua.
Sistema de control	Mantiene el nivel de agua en el tanque.
Válvula reguladora de nivel	Previene el desborde de un tanque situado en una menor elevación, a la vez que permite el llenado de un tanque ubicado en un lugar más elevado.
Caja de válvulas	Contiene una válvula reguladora de nivel, válvula de aislamiento y válvulas de drenaje.
Sistema de alarma	Detecta niveles de agua inaceptables por ser excesivamente altos o bajos y envía señales a los operadores.

Ventajas

Un sistema de almacenamiento por gravedad ofrece varias ventajas en comparación con otros sistemas (por ejemplo, hidroneumáticos):

- mayor flexibilidad para satisfacer las demandas máximas con menor variación de presión
- almacenamiento en caso de control de incendios
- almacenamiento de uno a cinco días para satisfacer la demanda de agua
- uso de pozos de baja capacidad (pozos no requeridos para satisfacer la demanda máxima del sistema)
- dimensionamiento adecuado de las bombas para aprovechar los descuentos en las tarifas eléctricas (capacidad de bombeo durante las horas de menor demanda y costo)
- reducción del ciclo de encendido y apagado de las bombas.

Requisitos para el llenado de reservorios

Cuando el almacenamiento es por gravedad, el sistema de bombeo debe suministrar la demanda promedio diaria (DPD) durante 18 horas sin usar la bomba más grande.

Si se usa el ejemplo anterior,

Ejemplo

DPD = 80.000 galones por día

Bombas grandes

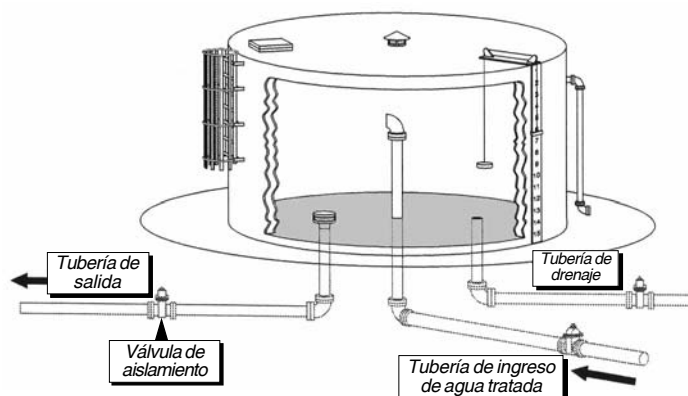
120 gpm (no usadas para la determinación)

Bombas pequeñas

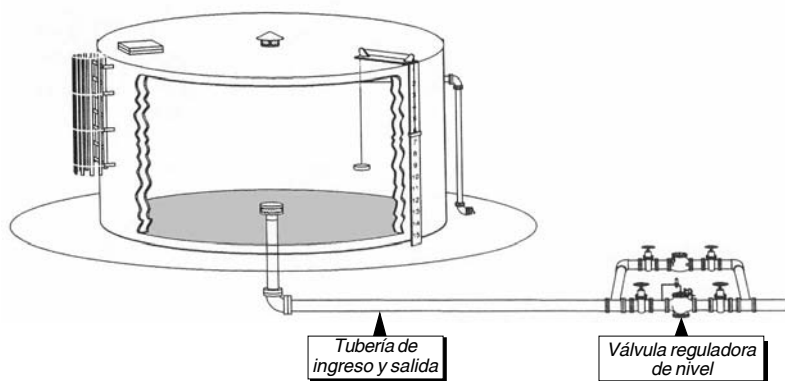
85 gpm = 91.800 galones en 18 horas.

Dos métodos de llenado y uso de reservorios

Se puede bombear directamente a un tanque de almacenamiento por gravedad de donde el agua fluye a los puntos de uso de acuerdo con la demanda. Este diseño se denomina **bombeo directo**. Este método se puede diseñar para proporcionar tiempo de contacto del cloro para la desinfección.



También se puede bombear agua al sistema de distribución desde un tanque ubicado a varias millas del tanque principal con la ayuda de un tanque **flotante** en el sistema.



Riesgos sanitarios del almacenamiento por gravedad

1. ¿El sistema de almacenamiento está diseñado para 'bombeo directo' o para 'flotación' en el sistema de distribución?

Los sistemas de bombeo directo, a diferencia de los sistemas flotantes, tienen un tanque de almacenamiento que proporciona un tiempo de contacto adicional del cloro. También tienen mayor fluctuación en la presión de carga que los sistemas flotantes. En los sistemas flotantes, el agua tratada se envía directamente al usuario a través del sistema de distribución. Si la desinfección en la planta de tratamiento no es adecuada, puede representar un riesgo sanitario.

2. ¿La capacidad de almacenamiento es adecuada?

En sistemas de almacenamiento por gravedad, la capacidad total de almacenamiento debe ser igual a la demanda promedio diaria de uno a cinco días. El tanque de almacenamiento debe tener capacidad de reserva para superar condiciones extremas, como los cortes de electricidad, lo cual inhabilitaría a las bombas a menos que exista energía de reserva. Las instalaciones sin almacenamiento adecuado corren el riesgo de perder la presión del sistema.

3. ¿El reservorio está sobredimensionado?

Por el contrario, los reservorios que están sobredimensionados corren el riesgo de producir agua con sabor y olor desagradables. El cloro residual se puede perder si no se usa y reemplaza el agua en forma regular.

4. ¿La capacidad de bombeo es adecuada?

La capacidad de bombeo se debe diseñar para suministrar agua que satisfaga la demanda máxima normal y posible incendio, a la vez que previene la pérdida excesiva de presión de carga en el tanque. La mayoría de sistemas pequeños no se diseñan para satisfacer la demanda de un incendio.

5. ¿La elevación del tanque es suficiente para mantener la presión de distribución en todo el sistema?

El tanque de agua se debe ubicar por encima del sistema de distribución para producir presiones mínimas de operación de 2,4 kgf/cm² (35 psi) (cerca de 24 m (81 pies) de columna de agua), pero de preferencia de 2,7 a 4,1 kgf/cm² (40-60 psi) (de 27 a 41 metros (92-139 pies) de columna de agua), aunque esto dependerá de las reglamentaciones estatales.

6. ¿Existe la necesidad de crear zonas de presión separadas?

Las presiones no deben exceder de 7 kgf/cm² (100 psi) (70 m) (231 pies). En comunidades con topografía variable, los usuarios que viven en las zonas más altas podrían experimentar condiciones de presión baja si el sistema de almacenamiento por gravedad no se diseña con zonas de presión separadas.

El inspector no debe asumir que por el hecho de que la capacidad de almacenamiento esté bien diseñada, realmente se use. Durante la inspección sanitaria, el inspector debe evaluar la estrategia de operación del sistema de almacenamiento.

7. ¿El operador comprende los controles?

El operador debe comprender las funciones de los sistemas de control y ser capaz de hacer ajustes menores.

Debe haber un registro que indique a qué elevación y presión se controla cada fase del ciclo de bombeo y con qué presión se activan las alarmas.

En el caso de válvulas reguladoras de nivel y sistemas de tanques múltiples, el operador debe poder tomar lecturas del nivel de presión y agua, y ajustar las válvulas para controlar los niveles del tanque.

8. ¿Existe una distancia mínima de subida y bajada adecuada?

Los controles automáticos de la bomba de suministro deben mantener al mínimo la distancia de subida y bajada del nivel de agua en el tanque para mantener un volumen adecuado de agua y una presión constante en el sistema de distribución. Sin embargo, el ascenso y descenso deben ser adecuados para prevenir un exceso de ciclos de la bomba durante las horas de mayor uso. Se puede permitir que el nivel de agua en el tanque suba lo más cerca a la tubería de rebose antes de detener las bombas de suministro. Sin embargo, el nivel máximo de agua no debe exceder ese límite a fin de evitar derrames durante la operación automática.

9. ¿Los sistemas de control son confiables y están protegidas adecuadamente?

Determine si los controles son confiables y si funcionan adecuadamente. Cada reservorio se debe equipar con un interruptor de nivel y un sistema de alarma que advierta los niveles bajos de agua y fallas en la bomba. El inspector debe verificar la correcta condición de los dispositivos de control del cableado. Verifique que haya protección adecuada contra rayos y otros factores externos.

10. ¿El indicador del nivel de agua es exacto?

Todos los tanques de almacenamiento se deben equipar con un instrumento confiable para medir el nivel de agua. El indicador de nivel más confiable es una escala hidrométrica con flotador, siempre que se mantenga adecuadamente.

Los manómetros se usan para determinar el nivel de agua, pero se deben realizar chequeos visuales ocasionales del tanque para comprobar la exactitud del manómetro.

11. ¿Existe un programa de mantenimiento?

El mantenimiento de los sistemas de control requiere experiencia en controles industriales. El operador debe estar capacitado en esa área o debe contar con la ayuda de un experto para solucionar cualquier falla en el sistema.

Aspectos de la contaminación directa

Los siguientes aspectos de la inspección son de gran importancia para la salud y bienestar de todos.

12. ¿Se protege el reservorio de agua tratada?

Los tanques de almacenamiento de agua tratada se deben proteger para prevenir el ingreso de contaminantes del aire, aves, insectos, mamíferos y algas. La cubierta debe ser hermética, resistente y con drenaje. La cubierta del reservorio no se debe usar para otro propósito que pudiera contaminar el agua almacenada. El techo y las paredes laterales se deben sellar.

13. Las tuberías de rebose:

- **¿Se ubican 30 a 60 cm (12 a 24 pulgadas) por encima del suelo?**

Todas las tuberías de drenaje y rebose del reservorio deben descargar libremente en un recipiente abierto o sobre un salpicadero. La tubería de descarga se debe ubicar 30 a 60 cm (12 a 24 pulgadas) por encima del recipiente abierto o salpicadero. Las aguas de rebose nunca se deben bombear directamente al alcantarillado o tubería para aguas de lluvia.

- **¿Tienen rejilla?**

Todas las tuberías de rebose deben tener rejillas desmontables con malla 24 para evitar la entrada de aves, insectos, roedores y contaminantes.

- **¿Tienen un salpicadero?**

El salpicadero previene la erosión del área ubicada directamente debajo del rebose y la socavación de los soportes y base del tanque.

14. La ventilación:

- **¿Se dirige hacia abajo y se protege de la lluvia?**

La ventilación del techo debe terminar boca abajo y se debe proteger de la lluvia.

- **¿Termina a un mínimo de 3 diámetros por encima de la superficie del techo del reservorio?**

Una ventilación bien construida debe terminar 3 diámetros por encima del techo para prevenir el ingreso de excrementos secos de aves que pueden ser levantados por el viento.

- **¿Tiene rejilla?**

Se debe usar una rejilla con malla 4 para prevenir la entrada de aves en el tanque; sin embargo, esa malla no evita la entrada de insectos, plumas, césped ni otro material externo.

Se necesitaría una malla 24 para el control de insectos. Las mallas delgadas pueden obstruir la ventilación, lo que podría crear condiciones implosivas. Si bien las mallas delgadas son necesarias para mantener el agua limpia, se deben diseñar para ceder en caso de que se produzca un vacío a fin de evitar que el tanque se rompa.

15. ¿Las placas de acceso a la protección catódica son herméticas?

Las placas de acceso que no se sellan en su totalidad permiten que los excrementos de aves se escurran directamente al agua potable.

16. ¿La tapa de acceso superior está diseñada correctamente y tiene un cierre hermético?

La tapa de entrada debe estar rodeada de paredes laterales de no menos de 10 cm (4 pulgadas) de alto. La tapa o cubierta debe descender al menos 5 cm (2 pulgadas) sobre las paredes laterales. La tapa se debe sellar para prevenir la aspiración e ingreso de excrementos secos y plumas de aves al orificio de la tapa de entrada. Las cubiertas de la tapa de entrada que no encajan adecuadamente son un problema común.

17. ¿Las tapas de acceso tienen candado?

Las tapas de entradas de acceso se deben cerrar con una cubierta hermética y un candado. No es extraño que la fuerza del viento levante una cubierta abierta. A menudo, si no hay un buen cerramiento, las personas suelen levantar las tapas y nadan o tiran objetos en los reservorios.

18. ¿Existe un orificio en el techo para pasar un cable que indique el nivel de agua?

A través del orificio, los excrementos de aves pueden ingresar al reservorio a menos que se proteja y diseñe para que el agua de lluvia no ingrese.

19. ¿Existen otros orificios en el techo?

La contaminación puede ingresar por los orificios de las tuberías de agua, tuberías de cloro y dispositivos eléctricos si éstos no son herméticos.

20. ¿Existen tuberías de alcantarillado a 15 m (50 pies) del tanque de almacenamiento apoyado en el terreno?

Toda tubería de alcantarillado ubicada a 15 m (50 pies) de un reservorio de agua clara con el piso por debajo del nivel del terreno, debe ser de hierro colado extra fuerte con uniones herméticas. Ninguna tubería de alcantarillado debe estar a menos de 3 m (10 pies) del tanque.

21. ¿Existen grietas en la pared o en las cubiertas de los tanques de almacenamiento de concreto apoyados en el terreno?

Las grietas en el tanque pueden permitir el ingreso de agua subterránea o superficial al tanque.

22. ¿Existe protección contra inundaciones?

Si la tubería de rebose o el drenaje es factible de ser inundado, se debe colocar una brida ciega para prevenir el ingreso de una contracorriente de agua contaminada al tanque. Todos los reservorios se deben proteger de las inundaciones. La estructura y sus componentes deben ser herméticos. El suelo por encima del tanque subterráneo se debe nivelar para drenar agua superficial fuera del tanque y prevenir el empozamiento de agua superficial en los alrededores. El drenaje subterráneo se debe descargar lejos de la estructura.

23. ¿Se puede aislar el tanque del sistema?

Se debe poder desactivar los tanques para la inspección y mantenimiento sin necesidad de interrumpir todo el sistema. Esto es posible si se instalan válvulas esclusa y una tubería de drenaje. El operador debe probar las válvulas regularmente para asegurar su integridad.

24. ¿Hay protección contra el vandalismo?

El área de almacenamiento se debe cercar para prevenir la entrada de personas no autorizadas. Las escaleras que se dirigen hacia la parte superior de los tanques de almacenamiento deben estar 3 m (10 pies) por encima del suelo para impedir que se pueda trepar sin autorización.

25. ¿Se han aprobado los revestimientos de la superficie interior?

Los revestimientos, como la pintura, que están en contacto con el agua deben tener la aprobación de la autoridad correspondiente. Los revestimientos no autorizados pueden crear problemas debido a la contaminación orgánica e inorgánica de las aguas almacenadas.

26. ¿Se toman muestras de compuestos orgánicos volátiles (COV) después del pintado?

Luego de pintar un tanque, se debe dejar un tiempo adecuado de curado. Antes de poner el tanque en servicio, se debe enjuagar, desinfectar y llenar con agua. Se deben tomar muestras y analizarlas para determinar la existencia de coliformes y COV.

Nota: Causas de ruptura del revestimiento

Varios factores, tales como la preparación indebida de la superficie, aplicación y curado, uso del tipo equivocado de revestimiento, exposición ambiental y falta de mantenimiento, pueden producir rupturas en el revestimiento.

El ascenso y descenso del nivel de agua en el tanque puede producir corrosión. Las superficies metálicas expuestas que se sumergen y luego se exponen al aire (oxígeno) se corroen con mayor rapidez. Los tanques de almacenamiento metálicos deberían tener protección catódica. Los representantes autorizados de proveer el servicio deben inspeccionar y mantener anualmente estos sistemas.

27. ¿Hay indicios de que el tanque no sea estructuralmente sólido?

El inspector debe basar su respuesta en la observación visual de las bases, signos de ruptura de las mismas, agrietamiento del concreto, fugas en el tanque, curvatura del acero, varillas de soporte flojas, corrosión, etc.

28. ¿El tanque tiene protección contra la corrosión?

En algún momento de la inspección sanitaria, se debe determinar la corrosividad del agua. Durante el tratamiento se deben adoptar medidas para corregir las propiedades corrosivas.

El agua corrosiva puede dañar gravemente el tanque de almacenamiento de acero si el revestimiento protector no está completamente intacto.

29. ¿Cuál es la frecuencia de inspección y limpieza en general?

El operador debe inspeccionar diariamente los tanques de almacenamiento. Durante las visitas diarias, el operador debe verificar el nivel de agua en el tanque (con indicador visual o manómetro), el funcionamiento adecuado de los controles, la condición de la tubería de rebose y la seguridad. En las instalaciones con techo de fácil acceso, se deben incluir orificios de ventilación y tapa de entrada. El personal calificado debe inspeccionar anualmente el interior y exterior del tanque.

30. ¿Cuál es la frecuencia y método usado en las inspecciones de la estructura y el revestimiento?

Además de la inspección anual, se debe realizar una inspección minuciosa de la estructura y el revestimiento (aproximadamente cada cinco años). Esta inspección debe ser realizada por inspectores certificados.

31. ¿Los tanques de almacenamiento se desinfectan luego del mantenimiento?

Los reservorios y tanques elevados en el sistema de distribución se deben desinfectar antes de entrar en operación luego de reparaciones o limpieza intensiva.

Los procedimientos de desinfección se deben seguir de acuerdo con la norma vigente.

32. ¿Existen disposiciones para mantener el suministro de agua cuando el tanque de almacenamiento está fuera de servicio por mantenimiento?

Antes de retirar el tanque para su mantenimiento, el personal de la empresa de agua potable debe coordinar y practicar los procedimientos para mantener la presión del sistema de distribución. Esto podría ser relativamente sencillo en sistemas equipados con instalaciones adecuadas de reserva. Un sistema pequeño que solo tiene un tanque de almacenamiento o un almacenamiento de reserva limitada, requiere un medio más complejo para mantener el suministro de agua. Esto podría incluir, por ejemplo, la operación manual de bombas de mayor capacidad.

Se deben establecer, probar y practicar medidas temporales antes de retirar el tanque para su mantenimiento. Se debe notificar previamente a todos los usuarios del sistema de agua y a la estación de bomberos sobre la disminución en la presión del sistema de agua para implementar planes alternativos de conservación. Cuando sea necesario, también se debe notificar a los usuarios de mayor consumo.

33. ¿Existen procedimientos establecidos de emergencia?

El inspector debe conocer el procedimiento para la detección y respuesta a bajos niveles en el tanque (presión baja) y determinar si ese programa es adecuado. Se debe disponer de una lista con información sobre dónde obtener repuestos y servicios esenciales para el tanque en caso de reparaciones o emergencias. También debe existir una fuente de agua alterna.

34. ¿Se siguen las precauciones de seguridad?

Existen riesgos al momento de trepar a los tanques de almacenamiento de agua. Las escaleras deben ser seguras y estar en buenas condiciones. El inspector debe determinar si se cuenta con equipo de seguridad para trepar y entrar a espacios confinados.

35. Si el tanque es de madera, ¿se opera de forma que se minimice el incremento de recuentos bacteriológicos?

El método de operación más efectivo para un reservorio de madera incluiría:

- a) Mantener por lo menos 1 mg/L de cloro residual.
- b) Variar el nivel de agua en el tanque unos pocos metros cada día.
- c) Por ningún motivo permitir que la misma agua se almacene en el tanque durante muchos días.

Información básica sobre tanques hidroneumáticos

Uso en sistemas pequeños

Generalmente, los sistemas hidroneumáticos se usan para mantener la presión de la distribución en pequeños sistemas de agua (con menos de 150 usuarios). No son adecuados para almacenamiento o control de incendios.

Estos sistemas combinan la energía de una bomba con el principio de presión atmosférica para forzar la salida de agua hacia el sistema de distribución. Es necesario conocer la operación básica del sistema y la función de sus componentes para comprender por qué el sistema hidroneumático es sensible a riesgos sanitarios.

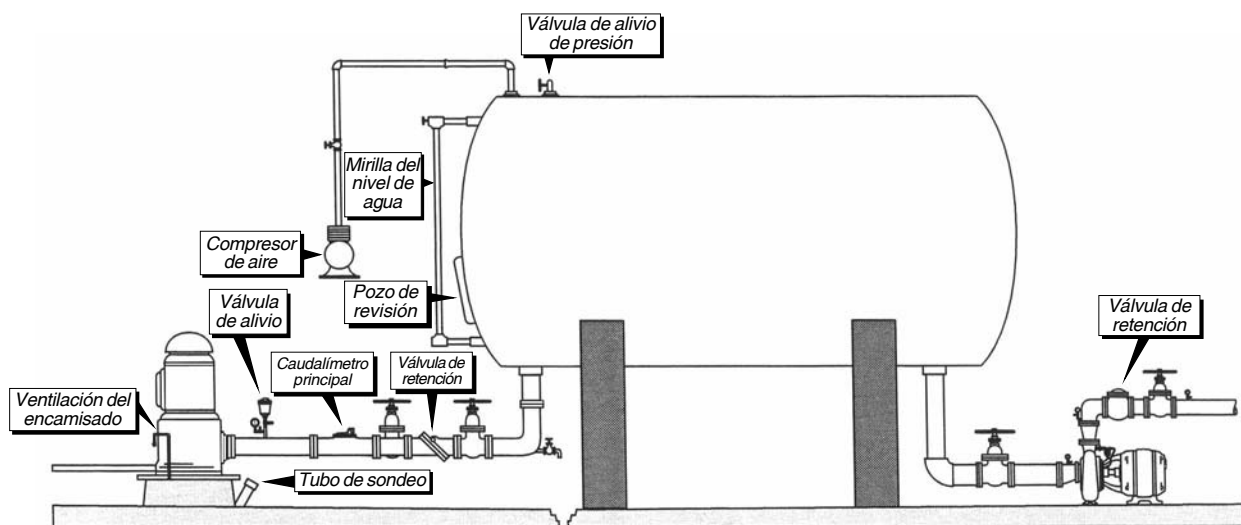
¿Cómo funciona?

El sistema opera de la siguiente manera:

1. La bomba de suministro de agua se activa cuando la presión desciende a un nivel predeterminado (presión de entrada). La energía de la bomba presuriza un bolsón de aire (volumen de aire) ubicado en la parte superior del tanque de presión.
2. Cuando la presión alcanza un nivel predeterminado alto (presión de salida), la bomba se detiene y el aire comprimido fuerza el agua hacia el sistema de distribución.
3. Cuando la presión es muy baja (a menudo de 1,3 a 2,4 kgf/cm²) (20 a 35 psi) la bomba se activa nuevamente y el ciclo se repite. La tasa de ciclos corresponde al número de veces que la bomba se enciende y se apaga en una hora.

Componentes

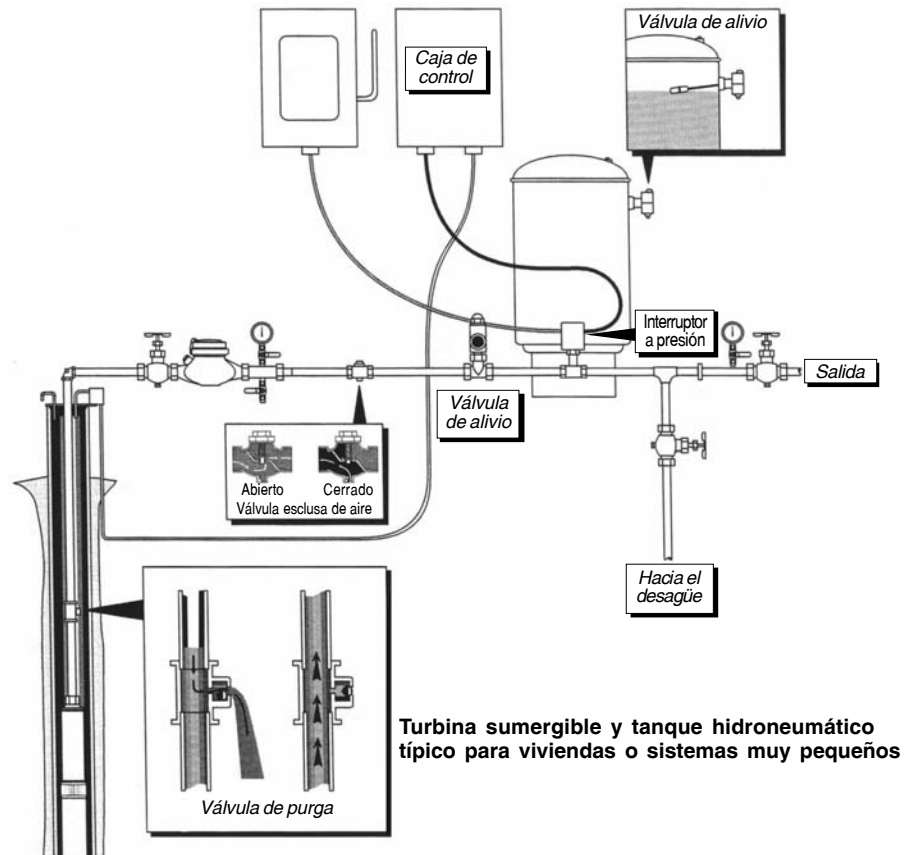
Un sistema hidroneumático típico tiene las siguientes partes:



Sistema de tanque hidroneumático con compresor de aire

Componentes y propósito

Ítem	Propósito
Tanque de acero	Almacena agua
Control del volumen de aire	Regula el volumen de aire en el tanque
Válvula de alivio	Previene la presión muy alta
Tubería de entrada y salida	Permite el ingreso y salida del agua
Mirilla (tubo)	Permite la observación directa de la proporción de aire en relación con el agua (por lo general, un tercio de aire por dos tercios de agua)
Manómetros	Monitorean la presión (por lo general, un calibrador de 7 kgf/cm ²) (100 psi)
Controles de la bomba y motor	Controla los puntos de entrada y salida
Controles del nivel alto y bajo del agua	Regulan el nivel de agua en el tanque
Controles de presión o caudal bajo	Mantienen el balance entre el agua y la presión de aire
Compresor de aire	Fuerza el ingreso de aire adicional al tanque para incrementar la presión (pre-presurización)
Caudalímetro principal	Mide la cantidad de agua bombeada
Contador de ciclos	Cuenta el número de ciclos de la bomba/hora
Medidor de tiempo	Registra las horas de operación

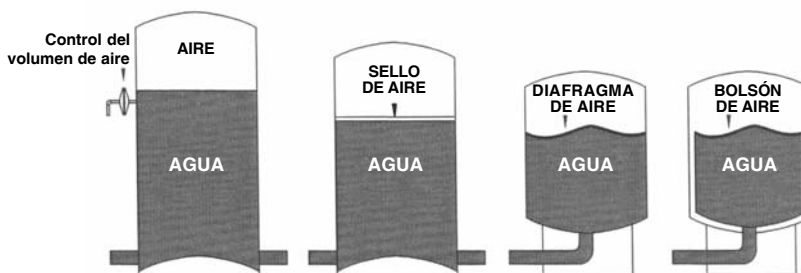


Diferentes tipos de tanques de presión

La mayoría de sistemas hidroneumáticos solo se diferencian por la clase de tanque de presión que usan. Las principales diferencias radican en:

- tamaño
- posición (horizontal o vertical)
- métodos para separar el agua del aire.

Todos estos factores pueden contribuir a riesgos sanitarios. A continuación se describen los tres tipos de tanques:



Tanque convencional

- Colchón de aire en contacto directo con el agua; se requiere controlar el volumen de aire.
- La capacidad varía de unos pocos a varios miles de galones.
- Posición vertical u horizontal.
- Orificio de salida en la parte inferior del tanque. Los orificios de ingreso y salida combinados o separados en los lados opuestos del tanque permiten el tiempo de contacto del cloro.
- Control del volumen de aire ubicado en la interfase agua-aire del tanque; existen dispositivos para la prepresurización.

Sello flotante del tanque

- Un sello flotante (flotadores rígidos, de goma flexible o plástico) separa el agua del aire, pero la separación no es total; se pierde aire y se requiere recarga ocasional.
- La posición vertical limita la capacidad del tanque.
- Orificio de entrada y salida combinado en el fondo del tanque.
- Válvula interna de control del aire para prevenir el escape prematuro de aire debido al corte de electricidad o demanda excesiva de agua.

Tanques con separador flexible

- Separador flexible de diafragma o bolsa colocado dentro del tanque para separar por completo el aire del agua.
- La posición vertical limita la capacidad del tanque.
- Sobrecargado en la fábrica a presiones justo por debajo de la presión de arranque de la bomba.

Riesgos sanitarios de los tanques de almacenamiento hidroneumático

1. ¿Es adecuada la capacidad del tanque?

Hay varias fórmulas para determinar la capacidad requerida del tanque. Aquí presentamos dos métodos. Durante la selección y evaluación del tanque, la capacidad debe ser verificada en relación con la demanda máxima del sistema. Los registros técnicos, que deben estar disponibles en la planta, deben especificar la capacidad de la bomba y la presión de ingreso y salida. Los registros de operación muestran la demanda máxima actual y si la demanda ha cambiado desde la instalación del tanque, lo que podría requerir cambiar el tamaño del tanque.

NOTA:

Los administradores deben conocer la capacidad de bombeo y las tasas de demanda pico para evitar sobrecargar las instalaciones.

Adecuación del tanque

El inspector debe prestar atención especial a la necesidad de suministro y tamaño del tanque en comunidades que han aumentado sustancialmente su población sin ampliar el sistema de agua.

Fórmula

Si bien hay fórmulas simples para estimar el tamaño del tanque, el inspector puede hacer un cálculo rápido mediante la fórmula alternativa.

Fórmula alternativa

Capacidad del tanque = por lo menos 10 veces la capacidad de la bomba más grande de pozo y

Bombas de pozo = por lo menos 10 veces el promedio diario de la tasa de consumo.

2. ¿El nivel de presión baja es adecuado para mantener el sistema de distribución?

Es muy importante mantener la presión adecuada. La presión baja puede revertir el caudal y permitir el ingreso de agua contaminada al almacenamiento de agua de bebida. El exceso de presión puede deteriorar los componentes del sistema, causar altas tasas de fugas y forzar la salida del aire con el agua. La presión baja puede indicar conexiones inadecuadas o conexiones cruzadas del almacenamiento a las instalaciones de servicio. Se requiere una presión adecuada para que el agua fluya del reservorio a las áreas de servicio. Debido a la baja capacidad de almacenamiento de los tanques hidroneumáticos (en comparación con los sistemas por gravedad), el potencial de presión baja y contracorriente o retrosifonaje se incrementará sustancialmente. Para prevenirlos, se debe mantener una presión mínima permanente.

Presión del sistema

Presión de trabajo óptima = 2,7 a 4,1 kgf/cm² (40-60 psi)

Presión de trabajo mínima = 2,4 kgf/cm² (35 psi)

Presión máxima en conexiones de servicio =
7 kgf/cm² (100 psi)

Presión mínima en conexiones de servicio =
1,4 kgf/cm² (20 psi)

Control de riesgos

Los inspectores deben comprobar los registros de ingeniería para evaluar riesgos potenciales de contracorriente en las instalaciones abastecidas por el sistema y consultar los registros de operación para determinar si la presión es adecuada. El inspector también debe investigar si hay daños y pérdidas de presión y con qué frecuencia.

3. ¿Los instrumentos y controles son adecuados y están operativos? ¿Se utilizan y se mantienen?

La operación y mantenimiento adecuado del sistema de almacenamiento también es esencial. Si los medidores y controles no se ajustan adecuadamente, puede haber presión o suministro inadecuados de agua. Asimismo, se puede contaminar el tanque de almacenamiento con sustancias provenientes del aire o agua. La instalación y mantenimiento adecuados de los filtros de aire y los dispositivos de control de conexiones cruzadas pueden prevenir el ingreso de esas sustancias al sistema hidroneumático.

Verificación de los componentes

Para una O&M adecuada del sistema, se deben verificar y ajustar los siguientes componentes de acuerdo con los cambios de la demanda pico:

- control del volumen de aire
- válvulas de alivio
- controles del motor
- controles del nivel alto y bajo de agua
- controles del caudal de presión baja
- compresor y controles de aire.

Registros de verificación

Con frecuencia, los controles no se ajustan después de que la fábrica los entrega al sistema. Los registros de operación deben incluir la calibración original y los cambios de la demanda pico.

4. ¿Cuál es la frecuencia de ciclos y la relación aire-agua?

La bomba de suministro de agua no debe tener ciclos demasiado frecuentes (se aceptan 10 a 15 ciclos por hora). La operación constante o frecuente de la bomba indica que el tanque está saturado, que la configuración de los controles de presión es inadecuada o que la demanda del sistema está a punto de exceder la capacidad de la bomba.

Verificación de la relación aire-agua La proporción de aire en relación con el agua debe ser aproximadamente un tercio de aire por dos tercios de agua. Si el volumen de aire es demasiado alto, el tanque podría perder agua antes de activar la bomba y causaría que el aire entre al sistema de distribución.

5. ¿El tanque y los controles se protegen adecuadamente?

El tanque debe estar cercado para protegerlo del vandalismo. Los controles se deben mantener en una estructura hermética y segura, pero de fácil acceso para su mantenimiento. Debe existir protección contra rayos.

6. ¿Se han establecido procedimientos de emergencia?

Debe existir un sistema de alarma cuando el sistema de control detecta una falla en la bomba (problema de presión alta o baja). Algunos sistemas de alarma constan de una luz o bocina en la instalación. Este tipo de alarma no es tan confiable como una alarma de llamada telefónica automática que se puede programar para que llame a varios números hasta obtener respuesta.

7. ¿Se cuenta con sistemas de reserva?

Muchos sistemas de agua, especialmente los pequeños, no tienen equipos alternos. Los sistemas hidroneumáticos que se mantienen inadecuadamente son sumamente propensos a fallas. Por lo general, la pérdida de presión resultante ocurre antes de que el problema se pueda corregir. Los riesgos sanitarios de la pérdida de presión debido a fallas en el equipo se reducen sustancialmente si se cuenta con sistemas alternos. Se deben establecer medidas para contar con una fuente de emergencia de agua segura.

Contrato de servicio

La empresa debe tener un contrato de servicio con un técnico en control industrial para el mantenimiento y solución de problemas.

PRECAUCIÓN:

Los tanques hidroneumáticos son recipientes a presión. Una presión de 3,4 kgf/cm² (50 psi) es equivalente a 3,5 toneladas por pie cuadrado.

¡NO COLOQUE GRIFOS EN LOS TANQUES!

8. ¿Las superficies interiores y exteriores se encuentran en buenas condiciones?

El interior y exterior deben estar en buen estado físico. El inspector debe verificar la presencia de fallas en el revestimiento y corrosión. Es muy probable que el inspector no pueda inspeccionar las superficies internas, pero debe recalcar al operador la importancia de la inspección periódica.

El inspector puede determinar si se realizan las inspecciones al examinar los registros de mantenimiento. Algunos estados requieren que todos los recipientes a presión pasen por una prueba hidrostática regular. El tanque no se debe enterrar.

9. ¿Son fuertes los soportes del tanque?

El tanque debe tener soportes adecuados y permanentes.

10. ¿El aire de recarga está libre de contaminantes, tales como aceite del compresor de aire?

Los compresores de aire pueden introducir aceite de lubricación como un aerosol en el tanque de presión hidroneumática.

11. ¿Cuál es el estado físico de la tapa de entrada?

Una tapa de entrada de acceso externo en malas condiciones puede comprometer la integridad del recipiente a presión ya que puede provocar riesgos sanitarios y de seguridad.

12. ¿El soporte del tanque es adecuado?

Un tanque con soporte inadecuado se puede caer y causar daños en las conexiones de la tubería.

Procesos de tratamiento de agua

El inspector de la encuesta sanitaria debe evaluar cuidadosamente todos los procesos de tratamiento de agua para asegurar el abastecimiento de agua seguro, adecuado y confiable para los consumidores. La planta de tratamiento de agua (PTA) es la principal barrera contra el agua contaminada y cualquier deficiencia en el proceso de tratamiento podría tener un impacto negativo en la calidad del agua. El inspector debe evaluar la operación, mantenimiento y manejo de la PTA para identificar cualquier riesgo sanitario potencial o existente.

Objetivos del aprendizaje

Al final de este capítulo, los participantes deben ser capaces de:

- Revisar los componentes claves de los procesos de tratamiento de agua, como los sistemas de dosificación de sustancias químicas, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.
- Identificar datos claves para evaluar los riesgos sanitarios en la inspección de las PTA, tales como turbiedad, pH, alcalinidad y cloro residual.
- Reconocer los riesgos sanitarios de los procesos de tratamiento de agua relacionados con la infraestructura, O&M y manejo. Estos aspectos pueden incluir el inadecuado control de los procesos de análisis, procedimientos deficientes de mantenimiento, deficiencias de personal y financiamiento, y conexiones cruzadas.
- Identificar los aspectos de seguridad que podrían afectar al personal de la operación y la capacidad de la planta para operar de manera eficiente. Los aspectos de seguridad pueden incluir el manejo y almacenamiento de sustancias químicas y los espacios confinados.
- Revisar los aspectos de reglamentación de cada proceso específico para determinar su relación con los riesgos sanitarios.

Recolección de datos

Antes de la inspección sanitaria, el inspector debe obtener la mayor cantidad de información sobre los sistemas de agua. De lo contrario, dicha información deberá obtenerse durante la inspección.

Procesos de tratamiento

- un esquema completo de los servicios de tratamiento que muestre los procesos de tratamiento usados y los puntos de aplicación de todas las sustancias químicas.

Sustancias químicas usadas en el proceso de tratamiento

- sustancias químicas específicas y el propósito de la adición
- cantidad agregada
- puntos de aplicación.

Equipo de dosificación de sustancias químicas y almacenamiento

- tipo de sistema de dosificación en operación (líquido, gas, sólido, etc.)
- condición de los equipos
- equipos alternos para todos los sistemas
- almacenamiento seguro y adecuado de las sustancias químicas.

Control de los procesos

- tipo y frecuencia de muestras en todo el proceso de tratamiento
- equipo de monitoreo en línea, disponible y operativo
- procedimientos para el registro de datos.

Infraestructura

- accesibilidad, seguridad y mantenimiento de los edificios y ambientes donde se realizan los procesos de tratamiento
- operación y mantenimiento de las unidades de tratamiento, como los mezcladores rápidos, floculadores y filtros.

Reglamentos y normas

El inspector debe considerar y revisar lo siguiente antes de la inspección:

- capítulo 2 - Reglamentos sobre el agua de bebida
- reglamentos específicos que se aplican en la planta
- problemas por incumplimiento de la reglamentación reportados en anteriores informes de inspección.

Procesos de tratamiento del agua

Información básica

Propósito del tratamiento del agua El propósito de tratar el agua es acondicionar y modificar para eliminar características indeseables, impurezas y agentes patógenos a fin de proporcionar agua segura, agradable y aceptable a los consumidores. Se deberá tomar en cuenta las normas nacionales sobre niveles máximos para los distintos tipos de contaminantes. Si estos contaminantes están presentes en el agua y en límites mayores a los establecidos, el agua se debe tratar para reducir los niveles de contaminación. Algunas impurezas que afectan las cualidades estéticas del agua se especifican en las normas nacionales. Se recomienda el tratamiento o modificación del agua para que cumpla con el nivel máximo de contaminantes.

Procesos de tratamiento

Algunos de los procesos de tratamiento más comunes para aguas superficiales y subterráneas son:

Pretratamiento

Puede ser un proceso físico, químico o mecánico que remueve algunas impurezas o modifica algunas de las características indeseables del agua (tales como sabor y olor, hierro y manganeso, remoción de sustancias orgánicas, dureza, etc.) antes de otros procesos adicionales. En ocasiones, la adición de sustancias químicas para alterar la calidad del agua es la única técnica de tratamiento usada. Puede incluir control de la corrosión, oxidación de hierro y manganeso o separación, desinfección y fluoruración.

Coagulación y floculación

Procesos fisicoquímicos para mejorar la eficiencia de reducción de material particulado y de coloides de los siguientes procesos de sedimentación o filtración. La coagulación incluye la dosificación de sustancias químicas para desestabilizar las partículas suspendidas con cargas similares. Esto permite que se unan y que se inicie la formación de flóculos. La floculación, que en parte se superpone al proceso de coagulación, requiere la mezcla suave de las partículas desestabilizadas para formar flóculos sedimentables.

Sedimentación

Proceso después de la coagulación y floculación para reducir la velocidad a fin de remover los sólidos sedimentables antes de la filtración.

Filtración

Paso del agua a través de un medio filtrante poroso que puede ser arena, antracita u otro material granulado para remover impurezas en partículas y flóculos.

Desinfección

Proceso de destrucción de organismos patógenos con cloro, ciertos compuestos que liberan cloro u otras sustancias o métodos con capacidad desinfectante.

Sistemas de dosificación de sustancias químicas

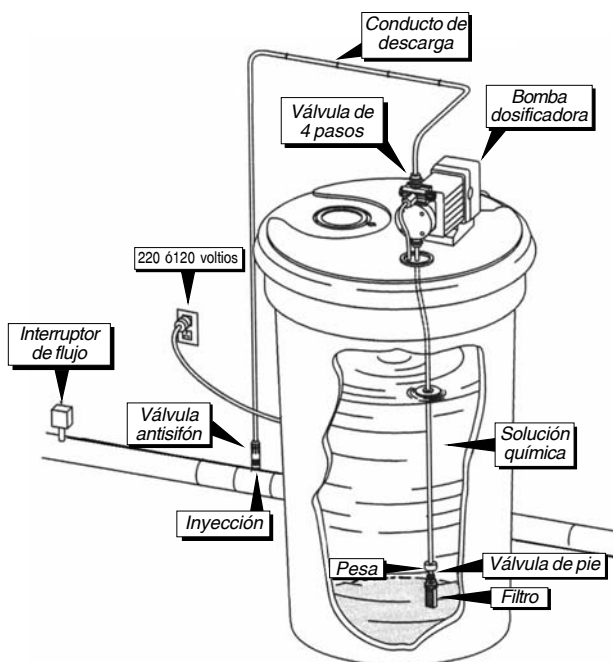
Estos sistemas son comunes en las plantas de tratamiento y pueden usarse para dosificar coagulantes, oxidantes, inhibidores de la corrosión, sustancias químicas para el ajuste del pH, control de sabor y olor, desinfectantes, fluoruro, etc.

Tipos de dosificadores de sustancias químicas:

Bombas dosificadoras de sustancias líquidas

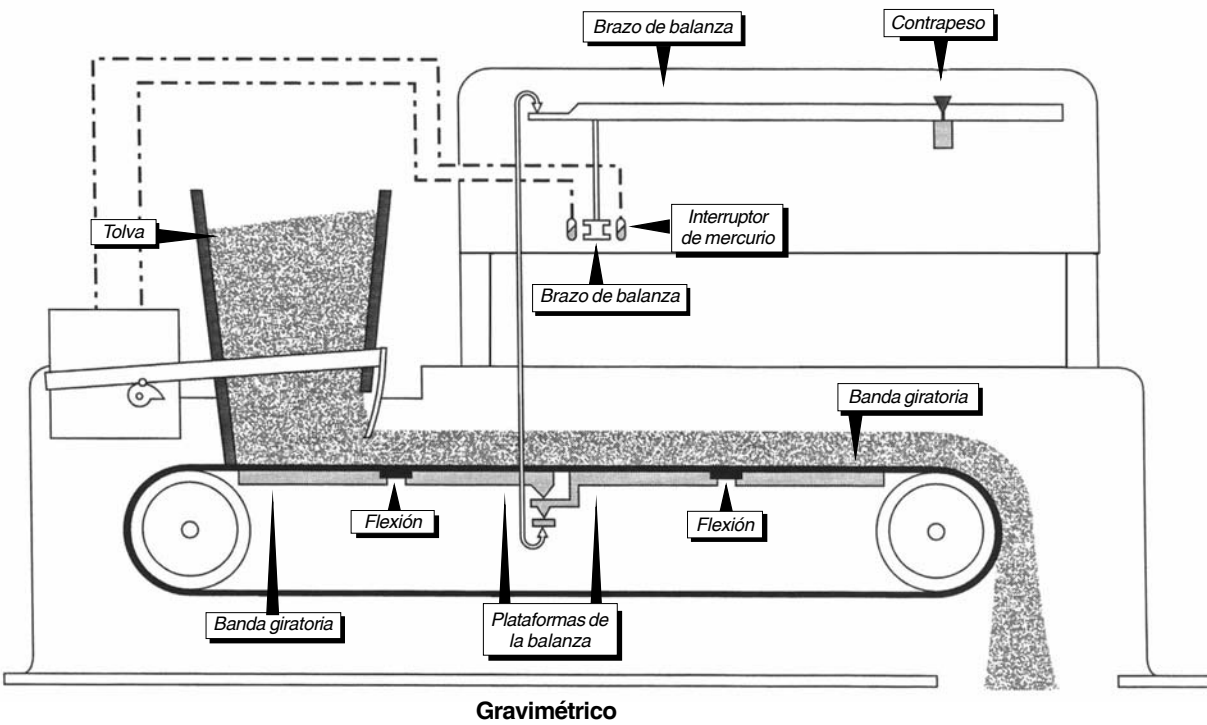
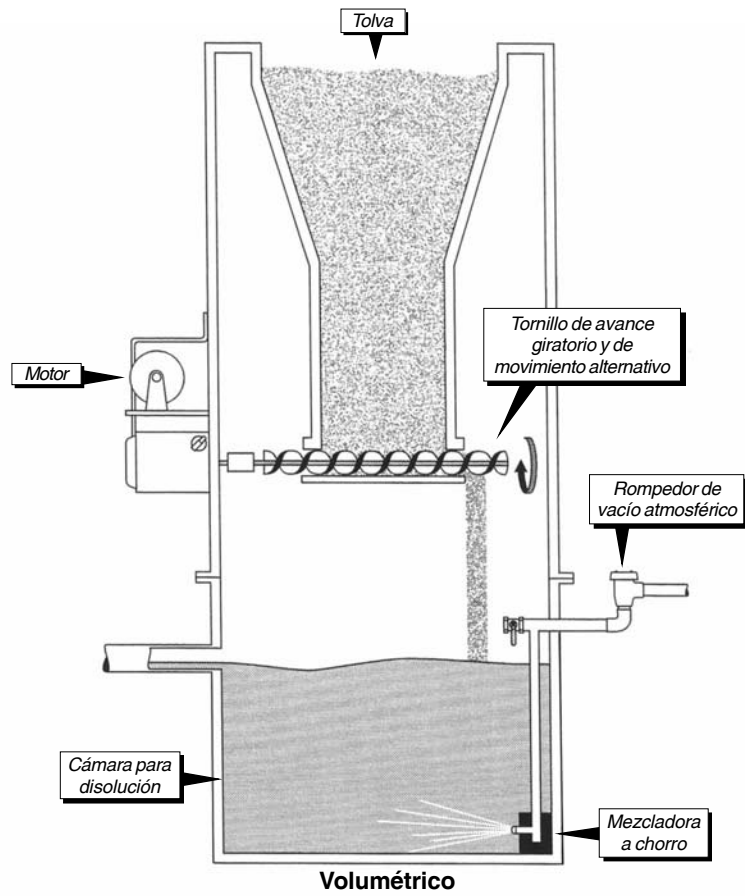
Estos sistemas son muy sencillos y se ilustran a continuación. El sistema se compone de lo siguiente:

- tanque para la solución química
- bomba dosificadora
- válvula de inyección con válvula de control
- sistema de control eléctrico con interruptor de flujo en caso de fallas
- área de almacenamiento de sustancias químicas.



Dosificadores de sustancias secas

- Volumétricos - La tasa de dosificación se basa en el volumen de sustancias químicas y no en el peso; puede lograr un rendimiento aceptable con materiales de densidad y uniformidad estables, especialmente con tasas bajas de dosificación.
- Gravimétricos - Dosifica sustancias químicas secas basados en el peso real. Por ello, es más exacto que otros dosificadores de insumos secos en cuanto a alcanzar las tasas deseadas.



Riesgos sanitarios de los sistemas de dosificación de sustancias químicas

1. ¿Qué sustancias químicas se usan?

El inspector debe establecer qué sustancias químicas se usan, si están aprobadas para el tratamiento de agua y si se aplican adecuadamente. El operador debe estar consciente de los posibles efectos adversos de la adición de sustancias químicas, como el desarrollo de trihalometanos (THM) debido a la precloración.

2. ¿Qué cantidad se usa?

La cantidad usada se debe basar en las pruebas. El operador debe explicar cómo se determina la dosificación y la frecuencia de dicha determinación (prueba de jarras, medición de pH, detectores de flujo, etc.). Para su uso en aguas de bebida, las sustancias químicas deben contar con la aprobación de las normas nacionales, federales o estatales.

El inspector debe determinar el tipo y frecuencia de procedimiento empleado por el operador a fin de alcanzar la dosis adecuada.

3. ¿Cuáles son los puntos de aplicación de las sustancias químicas?

El inspector debe identificar el punto de aplicación y evaluarlo en función de la adición de sustancias químicas. Las sustancias químicas pueden contrarrestarse si no se aplican en el orden adecuado. (El CAP removerá el cloro si se dosifica aguas debajo de él). La formación de fluoruro de calcio debido a la adición de compuestos de fluoruro y cal en lugares muy cercanos es otro posible resultado de puntos de aplicación inapropiados. La adición de sustancias químicas no debe generar una conexión cruzada. Algunas sustancias químicas, como los inhibidores de la corrosión o el fluoruro, generalmente se aplican al final del tratamiento.

4. ¿El sistema cuenta con un laboratorio adecuado?

Los sistemas deben monitorear la adición y remoción de sustancias químicas. Para ello, se deben seguir procedimientos estandarizados de prueba y usar equipos de prueba y monitoreo calibrados y mantenidos adecuadamente.

5. ¿En qué condición se encuentra el dosificador de sustancias químicas?

El equipo debe estar operativo y contar con un mantenimiento adecuado. Por ejemplo, en el caso de dosificadores de sustancias químicas secas, el inspector debe estar atento a problemas de atascamiento de

sustancias en la tolva. Se deben revisar los conductos de los dosificadores de líquidos para evitar obstrucciones.

Debe haber un dosificador de reemplazo.

El diafragma y la válvula de pie de la bomba dosificadora de sustancias químicas, válvulas de inyección y válvulas de control se deben reemplazar por lo menos una vez al año. Los conductos de succión y descarga se deben revisar para verificar que no hay decoloración ni obstrucción. Las tuberías de plástico transparente se deben reemplazar una vez que se vuelvan opacas. El inspector debe determinar si se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo, revisar dicho programa y el registro de reparaciones. El programa de adición de sustancias químicas es esencial para garantizar el tratamiento adecuado y no se debería interrumpir debido al mal funcionamiento de los equipos. Por consiguiente, el operador debe contar con repuestos y equipos alternos.

6. ¿El dosificador de sustancias químicas está calibrado?

La calibración se debe realizar cada vez que se usa un nuevo lote de sustancias químicas. La tasa de dosificación del equipo se debe revisar por lo menos diariamente.

Se recomienda calibrar las bombas dosificadoras de sustancias químicas cada año. Un método alternativo consiste en usar una probeta graduada para revisar la tasa de dosificación semanal o mensualmente.

7. ¿Los instrumentos y el control de procesos se operan y usan adecuadamente?

El control de procesos es complicado cuando los instrumentos, como los medidores de caudal, de turbiedad y de cloro residual, no son funcionales ni están adecuadamente calibrados. El inspector debe revisar los controles, preguntar al operador sobre la verificación de la calibración y cómo se toman las decisiones referidas al control de procesos en función de los resultados de las mediciones. Los instrumentos son inútiles si el operador no conoce la importancia de la medición.

8. ¿El almacenamiento de sustancias químicas es seguro y adecuado?

Es aconsejable tener una provisión de sustancias químicas de por lo menos 30 días. Para el almacenamiento de sustancias líquidas, se debe tomar en cuenta los indicadores de nivel y protección contra reboses y derrames. Esto es especialmente importante para prevenir la contaminación del acuífero cuando los tanques están cerca de los pozos. Las sustancias

químicas almacenadas en la misma área deben ser compatibles. Por ejemplo, los combustibles derivados del petróleo, lubricantes y oxidantes, tales como KMnO_4 , no se deben almacenar uno cerca del otro para evitar riesgos de incendio y explosión. Las sustancias químicas se deben almacenar de manera que se evite que derrames lleguen al agua en el proceso de tratamiento o al agua cruda de la fuente.

Las áreas de almacenamiento del CAP deben estar secas y equipadas con un sistema eléctrico a prueba de explosiones.

Asegúrese de que el fluoruro de sodio se almacene en un área separada. El fluoruro de sodio es sumamente corrosivo y venenoso.

Revise el acceso al almacén de sustancias químicas. Si el acceso es difícil, el operador puede no ser cuidadoso en el traslado de sustancias químicas del almacén a su destino.

9. ¿Los registros diarios de operación reflejan las dosis de sustancias químicas y las cantidades totales usadas?

Es sumamente importante que el operador controle diariamente el consumo de sustancias químicas y la tasa de dosificación. La dosificación excesiva de sustancias químicas puede ser tan perjudicial como la baja dosificación de las mismas. Estos valores son claves para el desempeño óptimo de cualquier sistema de dosificación de sustancias químicas.

10. ¿El dosificador de sustancias químicas está relacionado con el caudal (por ejemplo, está conectado al registro del medidor de caudal)?

La conexión de la bomba dosificadora de sustancias químicas al registro de caudal se puede realizar con una señal de 4-20 mA o el sistema se puede conectar directamente a una bomba para que el dosificador se active cada vez que la bomba se opere y haya caudal en la tubería.

Cuando el dosificador de sustancias químicas se conecta a una bomba, es importante usar un sensor de caudal como medida de seguridad en caso de fallas. El dosificador de sustancias químicas no debe operar si no hay caudal en la tubería. Si no hay un control de caudal, es posible que el arrancador del motor de la bomba funcione sin encender la bomba. Si se enciende la señal del arrancador, el sistema dosificador de sustancias químicas se activa y se pueden dosificar sustancias químicas altamente concentradas a la tubería y afectar al usuario.

11. ¿Cada bomba dosificadora cuenta con una válvula de cuatro pasos u otra equivalente?

Esta válvula reduce la posibilidad de sifonar todas las sustancias químicas al sistema cuando hay una presión alta y protege la bomba de daños cuando se cierra la tubería de descarga. Pregúntele al operador cómo funciona la bomba.

12. ¿Existe un programa de comunicación sobre sustancias químicas peligrosas?

La empresa debe tener un programa con un inventario de todas las sustancias químicas peligrosas e información sobre la seguridad y procedimientos escritos sobre el transporte y manejo de dichas sustancias.

13. ¿Se cuenta con equipos de seguridad apropiados (por ejemplo, respirador de cartucho para hipoclorito de calcio) y equipo de protección personal (antiparras, guantes, etc.)? ¿Se ha capacitado a los operadores en el uso de esos equipos?

El EPP debe estar en buen estado y los respiradores deben estar limpios y se deben almacenar en una bolsa sellada.

El área de manejo es responsable de capacitar a todo el personal en el uso de equipos de seguridad. Solicite documentación para verificar la capacitación en los últimos 12 meses.

Cuando se requiere protección respiratoria, la empresa debe proporcionar un programa escrito al respecto. Este programa incluye una prueba adecuada del equipo y capacitación en la selección, uso y cuidado del mismo. Además, el programa requiere exámenes físicos anuales de todo el personal que usa el equipo.

Los cartuchos de los respiradores se deben cambiar por lo menos cada seis meses.

Todos los respiradores se deben revisar mensualmente.

14. ¿El edificio se mantiene limpio y seco?

Si el interior del edificio se mantiene limpio y seco, es menos probable que los derrames de líquidos o sustancias químicas en polvo reaccionen con el agua, lo cual aumentaría la corrosión en el edificio. Cuando el hipoclorito de calcio se mezcla con el agua, el cloro gaseoso se libera a la atmósfera, lo que incrementaría la corrosión y deterioro de las instalaciones.

Procesos de tratamiento

Desinfección

Introducción

El incumplimiento significativo de los requerimientos de las normas del agua de bebida frecuentemente se relaciona con la desinfección inadecuada. Además, el cloro, el desinfectante más usado, es una sustancia química peligrosa y puede causar problemas graves de salud e inclusive la muerte del operador o de cualquier persona expuesta a un escape importante. El inspector debe determinar si el sistema de desinfección es adecuado y confiable a fin de garantizar que el agua de bebida sea segura para beber.

Definición

La desinfección es el proceso mediante el cual se destruye gran cantidad de microorganismos y todas las bacterias patógenas del agua.

Métodos de desinfección

En los sistemas de agua, el método de desinfección más usado es la cloración. Si bien es el más común, también hay otros sistemas que usan:

- ozono
- UV (radiación ultravioleta)
- dióxido de cloro
- cloraminas.

Si bien estos métodos se usan en algunos sistemas, los métodos con ozono y ultravioleta requieren la adición de cloro para cumplir los requisitos de los reglamentos para el cloro residual. Debido a que el cloro es el principal método de desinfección, sólo nos dedicaremos a este tema.

Dosis y cloro residual

Revisión de las unidades

La unidad estándar para la concentración de cloro en el agua es miligramos por litro (mg/L). La concentración de cloro gaseoso en la atmósfera se mide en partes por millón (ppm).

Dosis

La cantidad total de cloro que el clorador descarga en un volumen de agua determinado se denomina **dosis**. Ese valor se debe calcular diariamente en mg/L; sin embargo, en algunos países es más probable que los operadores lo registren como libras o galones por día. Si bien el número de libras o galones usados por día es importante, más importante que la dosis en sí, es la tasa de dosificación.

Demanda de cloro

El cloro es un agente químico oxidante muy activo. Cuando se inyecta en el agua, se combina fácilmente con ciertas sustancias inorgánicas oxidables (sulfuro de hidrógeno, nitrato, hierro ferroso, etc.) y con impurezas orgánicas, incluidos los microorganismos y compuestos de nitrógeno orgánico tales como proteínas y aminoácidos.

Estas reacciones consumen parte del cloro. La cantidad consumida se denomina **demanda de cloro**. La demanda depende del tiempo ya que el tiempo de reacción entre el cloro y la mayoría de compuestos orgánicos es largo (de horas a días). Esto significa que la demanda cuantificable luego de 20 minutos es menor que la demanda cuantificable luego de una hora de contacto.

Cloro residual

Cantidad de cloro presente en el agua luego de un período específico de tiempo.

Cloro residual = dosis de cloro – demanda de cloro

Cloro y agua

Independientemente de la forma de cloración, con cloro gaseoso o hipoclorito, la reacción en el agua es básicamente la misma. La mezcla de cloro con agua producirá dos compuestos generales, el HOCl (ácido hipocloroso) y el OCl⁻ (ion de hipoclorito). La medición de estos compuestos se denomina **cloro libre residual**. Si hay compuestos orgánicos o inorgánicos disponibles, especialmente compuestos de nitrógeno, el HOCl se combinará con esos compuestos para producir cloraminas o compuestos organoclorados. La medición de esos compuestos en el agua se denomina **cloro combinado residual**.

Efectividad germicida

El cloro libre residual del HOCl y OCl⁻ es mucho más efectivo como desinfectante que el cloro combinado residual.

Cloración a punto de quiebre

Para producir un cloro libre residual, se debe añadir suficiente cloro para destruir los compuestos de nitrógeno. Este proceso se conoce como **cloración a punto de quiebre**. Si bien este proceso destruye la mayor parte de compuestos de nitrógeno, no los elimina en su totalidad. Los compuestos restantes se combinan con el cloro para producir lo que se conoce como **residual combinado irreducible**.

Libre + combinado = total

En muchos sistemas, esto genera un cloro residual en el sistema de distribución que incluye el cloro libre y combinado. La medición de ambos se denomina **cloro total residual**. El cloro combinado residual genera problemas de sabor y olor en un sistema. El siguiente cuadro muestra el valor umbral de olor de diversas cantidades de cloro.

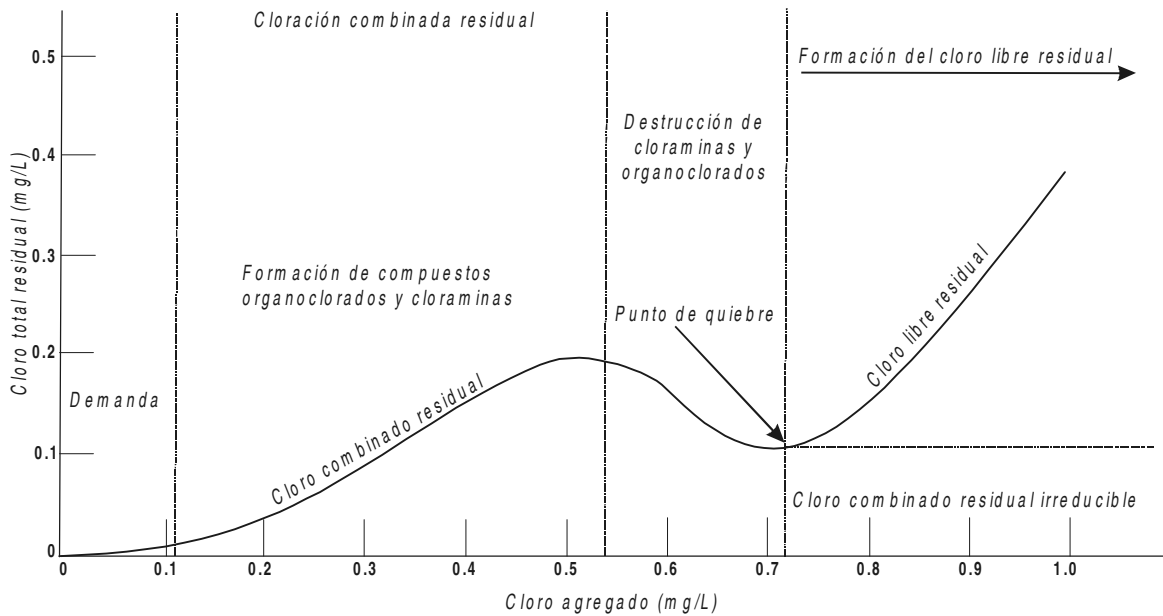
Compuesto	Valor umbral de olor
HOCl libre	20 mg/L
Monocloramina	5 mg/L
Dicloramina	0,8 mg/L
Tricloruro de nitrógeno	0,02 mg/L

Sabor y olor

Como muestra el cuadro, los problemas de sabor y olor se derivan básicamente del residual combinado. Si el inspector detecta que el agua del sistema tiene un problema de sabor y olor a cloro, debe sugerirle al operador que mida el cloro libre y total residual. Como regla general, si el cloro residual libre es menor que 85% del total, el problema de sabor y olor se debe al cloro combinado residual. Este problema se puede resolver de dos maneras:

- Remueva los precursores que ocasionen el cloro combinado residual.
- Incremente la dosis de cloro. Probablemente la cantidad de cloro sea insuficiente (libra a libra con las sustancias orgánicas) para oxidar los compuestos orgánicos y evitar el problema.

Reacciones del cloro en el agua



D & SPD

El inspector debe tener en cuenta dos aspectos de la norma para desinfección y subproductos de la desinfección (D&SPD): el desarrollo de trihalometanos (THM) y el residual máximo de cloro. En la mayoría de casos, la producción de THM se puede reducir en gran medida o eliminarse si se quita la precloración en una planta de tratamiento de agua superficial. Revise la norma para D&SPD a fin de obtener mayor información sobre los residuales máximos permisibles de cloro. (Como nota informativa, en los Estados Unidos de América se ha establecido un límite para un residual máximo de cloro de 4 mg/L).

Riesgos sanitarios, desinfección, dosis y residuales

1. ¿El operador puede responder preguntas básicas sobre el proceso de desinfección (cómo se hace, cuándo y por qué)?

La falta de conocimiento sobre el proceso y los equipos por parte del operador indica que las fallas en los equipos o en la efectividad del proceso no se podrán resolver en el momento oportuno. La administración es responsable de que los operadores estén bien capacitados en el uso y mantenimiento de los equipos de desinfección. La falta de conocimiento de este proceso clave puede representar un riesgo sanitario significativo.

2. ¿Han habido interrupciones en el proceso de desinfección? ¿A qué se debieron?

Si la desinfección se aplica porque la fuente de agua es superficial o debido a un problema bacteriológico, la interrupción del servicio merece atención inmediata. Generalmente, las interrupciones ocurren durante los cambios de cilindro, cuando sólo un cilindro se conecta a la vez al sistema.

3. ¿Hay un residual adecuado que ingresa al sistema de distribución todo el tiempo?

Las normas generalmente establecen que debe haber un residual de 0,2 mg/L en el punto de entrada al sistema de distribución. Se asume que este residual ocurre después de un tiempo de contacto suficiente y que el residual es de cloro libre. Algunos estados pueden requerir un mayor cloro residual en el punto de entrada al sistema. Además, el inspector debe verificar en qué parte del sistema se encuentra este punto y comprobar que el cloro residual se mida diariamente en dicho punto.

Si el sistema usa amoniación, el residual será de cloro combinado y debe ser considerablemente mayor que 0,2 mg/L. Si bien depende del estado, el requerimiento más común es 2,0 mg/L.

4. ¿Qué cantidad de residual se debe mantener?

Si bien algunos estados pueden requerir un valor mayor, algunos establecen que en todos los puntos del sistema se debe mantener una traza de cloro residual. El inspector debe verificar que los lugares de muestreo de cloro sean representativos y que además se proporcione información suficiente para garantizar la presencia de trazas en todos los puntos.

Luego de asegurar que el residual sea el adecuado, determine si el equipo y los métodos de análisis son los apropiados. Para mayores detalles, véase la lección sobre Distribución y monitoreo.

5. ¿El tiempo de contacto entre el punto de desinfección y el primer usuario es adecuado?

El tiempo de contacto es el intervalo de tiempo (generalmente minutos) que transcurre desde que el cloro se agrega al agua hasta que dicha cantidad de agua pasa por el punto de muestreo. Se requiere un período mínimo de tiempo para completar el proceso de desinfección. Generalmente, el tiempo de contacto depende del caudal de agua y del tiempo que transcurre al pasar por las tuberías y las instalaciones de almacenamiento.

En términos generales, es preferible que el período de contacto supere los 30 minutos bajo condiciones de máxima demanda. Se requerirá mayor tiempo en condiciones adversas.

Para determinar si la desinfección es adecuada y si puede remover o inactivar los quistes de *Giardia* y virus, las normas para el tratamiento de agua superficial requieren que los sistemas sin filtración determinen los valores de CT (concentración de cloro libre residual por el tiempo de contacto) y recomiendan que los sistemas con filtración hagan lo mismo.

6. ¿Se miden y registran diariamente la temperatura y el pH del agua en el punto de aplicación del cloro?

El valor de CT requerido para la inactivación adecuada de *Giardia* y virus depende del pH y la temperatura. Por ello, es aconsejable que estas dos mediciones se realicen diariamente. Los sistemas de agua superficial deben realizar estas mediciones. El pH se debe medir con un medidor y no con un comparador colorímetro y la temperatura se debe medir con un termómetro calibrado.

Sistemas de hipocloración

Instalaciones

Introducción

Los sistemas de hipocloración modernos son confiables y efectivos. Con la adopción de nuevos reglamentos sobre el cloro, muchos medianos y pequeños sistemas han optado por estos métodos sencillos y seguros de desinfección de agua. La desventaja más importante del sistema es el incremento del costo anual de operación en comparación con los sistemas de gas. Sin embargo, como resultado de los nuevos reglamentos sobre seguridad y medio ambiente, el costo del cloro gaseoso se ha incrementado, lo que ha hecho más deseable el uso de sistemas de hipocloración.

Los hipocloritos son materiales peligrosos y se debe contar con procedimientos escritos sobre su manejo, uso y tratamiento de derrames.

Hipoclorito de sodio

De todos los productos de desinfección con cloro, el hipoclorito de sodio es el menos peligroso para el operador durante su manejo. El hipoclorito de sodio se encuentra disponible en concentraciones de 5 a 15%.

Este compuesto lleva el número 1791 en la clasificación de las Naciones Unidas y los departamentos de transporte lo clasifican como una sustancia corrosiva con clasificación de peligro de ocho.

El equipo de protección personal para el manejo de hipoclorito de sodio incluye antiparras protectores y guantes.

Hipoclorito de calcio

Polvo que contiene cloro en concentraciones de hasta 76%. Generalmente, se mezcla con agua para formar una solución de 1 a 3% que se dosifica al sistema de agua. Cuando se mezcla con agua dura (por encima de 125 mg/L de dureza total), puede ser difícil de disolver.

El hipoclorito de calcio tiene el número 1748 en la clasificación de las Naciones Unidas y desde el punto de vista de su transporte está considerado como un oxidante con clasificación de peligro de 5,1.

El polvo o tabletas de hipoclorito de calcio contiene concentraciones de cloro de hasta 76%. En consecuencia, el equipo de protección personal para el manejo de esta sustancia incluye un respirador de cartucho para cloro con filtro para polvo, antiparras protectoras para sustancias químicas y guantes.

Riesgo sanitario - Sistemas de hipocloración

Instalaciones

Observación: Los riesgos sanitarios relacionados con los sistemas de dosificación de sustancias químicas, desinfección, dosis y cloro residual también se aplican a esta sección.

1. ¿Qué tipo de hipoclorito se usa (calcio, sodio u otros)?

El hipoclorito de sodio tiene una vida útil de aproximadamente 30 días en la mayoría de concentraciones. Por ello, el inspector debe revisar la cantidad de sustancia química disponible y la fecha de producción. La siguiente tabla muestra el deterioro de la vida media del hipoclorito de sodio.

Hipoclorito de sodio Vida media – Días				
Concen- tración %	Temperatura			
	100 °C	60 °C	25 °C	15 °C
10,0	0,079	3,5	220	800
5,0	0,25	13,0	790	5000
2,5	0,63	28,0	1800	
0,5	2,5	100,0	6000	

El hipoclorito de sodio es un líquido corrosivo y no se debe almacenar con sustancias químicas secas u otros líquidos con los que pueda reaccionar, tales como productos derivados del petróleo.

El hipoclorito de calcio tiene una vida larga, pero el equipo dosificador requiere mayor mantenimiento que en el caso del hipoclorito de sodio. La solución dosificada contiene una gran cantidad de material abrasivo que deteriora la succión de la bomba dosificadora de sustancias químicas y las válvulas de descarga.

El hipoclorito de calcio es un oxidante bastante activo y no debe almacenarse con otras sustancias químicas con las cuales pueda reaccionar. Bajo ninguna circunstancia, se debe almacenar con productos derivados del petróleo. La reacción entre el cloro y los productos derivados del petróleo es rápida y violenta.

2. ¿El tanque de la solución química se cubre para minimizar la fuga de vapores corrosivos?

Si los tanques no están cubiertos, se liberará cloro gaseoso y deteriorará los equipos.

3. ¿Se dispone de contenedores adecuados para derrames?

Se debe instalar un segundo tanque o contenedor alrededor de todos los tanques de almacenamiento de sustancias químicas. Un derrame de 50 litros de hipoclorito o 50 kg de hipoclorito de calcio es un incidente que debe reportarse a las autoridades pertinentes.

4. ¿Se siguen las prácticas de seguridad durante el manejo y mezclado de sustancias químicas?

Observe el EPP del operador y el lugar donde se almacenan y usan las sustancias químicas. Si el EPP no parece haber sido usado o si el lugar está sucio, se puede suponer que no se siguen las prácticas de seguridad.

Sistemas de cloración con gas

Sistemas con gas

Existe una amplia variedad de sistemas con gas producidos por diversos fabricantes. No es necesario que el inspector esté familiarizado con todos. Estos sistemas generalmente se operan al vacío. Esta es una especificación básica de seguridad. Los sistemas usados por pequeñas plantas de tratamiento de agua pueden estar dentro de las siguientes tres categorías:

- sistemas de presión
- sistemas remotos al vacío
- sistemas montados en cilindros.

La manera más fácil de establecer la diferencia entre un sistema remoto al vacío y un sistema a presión consiste en observar la tubería que va desde el cilindro hasta el clorador. Si es de metal, el sistema usa gas a presión entre el cilindro y el clorador. Si la tubería es de plástico, se trata de un sistema remoto al vacío. En este caso, el gas que se encuentra entre el cilindro y el clorador está al vacío.

Instalación

El siguiente gráfico muestra los puntos clave en una pequeña instalación de gas cloro que incluye:

- contención de cloro, en caso de que haya una liberación o fuga
- sistema de tratamiento de aire para que el aire existente no exceda 50% del límite de exposición permisible (el 100% es 30 ppm)
- sistema de alarma para fugas de gas
- puertas de emergencia con palanca
- presión negativa en la habitación cuando el sistema de tratamiento de aire esté en operación

- sistema automático de rociado de agua con una capacidad para 20 minutos
- contención del sistema de tratamiento de aire y sistema automático de rociado de agua
- generador de energía para el sistema de tratamiento de aire en caso de emergencia
- bomba reforzadora para proporcionar presión al inyector
- balanza para pesar los cilindros.

Envases para el gas

El cloro gaseoso se distribuye en cilindros de 50 y 75 kilogramos, envases de una tonelada y carros tanque. Estos valores equivalen al peso neto de cloro seco en el envase.

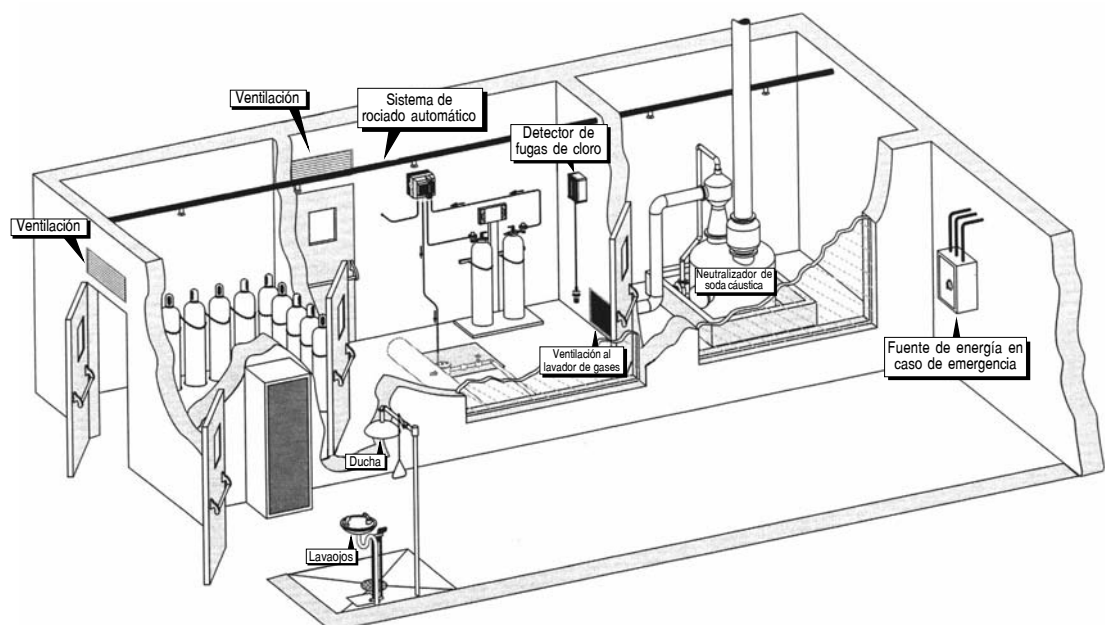
Evaluación de riesgos

El cloro gaseoso está considerado como venenoso y peligroso en caso de inhalación. El número de clasificación de las Naciones Unidas para el cloro gaseoso es 1017 y el Departamento de Transporte de los Estados Unidos le asigna una clasificación de peligro de 2,3 (gas venenoso).

Esta clasificación difiere de la que se aplicaba en el pasado. Como resultado, se deben aplicar los reglamentos nuevos y actuales que no afectaban al cloro gaseoso.

Seguridad

El inspector debe concentrarse en la capacidad y confiabilidad del sistema de cloro como desinfectante. Sin embargo, como los daños o lesiones al operador así como la reducción de la confiabilidad del sistema dependen del grado de seguridad existente, es recomendable revisar los principales aspectos de seguridad para los sistemas de cloro gaseoso.



Riesgos sanitarios y sistemas de cloración a gas

Instalación

Observación: Los riesgos sanitarios relacionados con sistemas de dosificación de sustancias químicas, desinfección, dosis y cloro residual también se aplican en esta sección.

- 1. ¿Se dispone de detectores de fugas? ¿Qué concentraciones pueden detectarse? ¿Se han probado recientemente los detectores automáticos?**

Los detectores automáticos se deben probar por lo menos mensualmente. Para ello, se puede colocar un recipiente pequeño con hipoclorito de sodio debajo del orificio de ventilación y agregar un poco de vinagre.

Muchos operadores establecen el nivel de detección en el límite más alto. Debe estar en el límite más bajo (1 ppm).

- 2. ¿El tubo sensor del detector automático está cerca del nivel del piso? ¿está protegido?**

Observe el detector de fugas. El orificio de captación no debe estar a más de 30 cm del piso. Si el detector usa sensores sólidos nuevos, la mayoría se debe reemplazar cada año.

- 3. ¿El equipo de cloración tiene una contención apropiada?**

La caseta que alberga el equipo de cloración debe estar diseñada para contener totalmente cualquier liberación o fuga de cloro.

Una deficiencia común son los drenajes del piso porque generalmente están conectados con otras partes de la instalación; se deben sellar cuando no se usen para la limpieza del piso.

- 4. ¿La caseta de cloración tiene ventilación a nivel del piso con suministro de aire adecuado en el techo? ¿El interruptor de ventilación está afuera y cerca de la puerta?**

El aire contaminado de la caseta de cloración no debe tener una concentración de cloro mayor de 15 ppm. Algunos reglamentos requieren que este aire se trate. Además, los sistemas de escape y suministro de aire se deben diseñar para proporcionar una presión ligeramente negativa en la caseta cuando el sistema de ventilación de aire esté en operación.

El interruptor fuera de la caseta permite al operador activar el sistema de ventilación antes de ingresar. Este sistema se puede programar para que se active automáticamente cuando se abra la puerta o se encienda la luz.

Muchas organizaciones clasifican las casetas de cloración como espacios confinados. **Observación: No ingrese si no está seguro de que el sistema de ventilación opera adecuadamente.**

5. ¿La puerta de la caseta de cloración se abre hacia fuera y tiene barra de emergencia y ventana?

Algunos reglamentos exigen la barra de emergencia y ventana en la puerta. La ventana permite al operador observar las condiciones de la caseta desde afuera y reducir su exposición en situaciones peligrosas.

6. ¿Existen conexiones cruzadas en los puntos de adición de agua de compensación al cloro?

Un problema común de conexión cruzada que ocurre en las instalaciones de cloración es la conexión de agua de bebida usada para activar el inyector.

Debe existir una separación física o un dispositivo aceptable que prevenga el contraflujo entre el sistema de agua de bebida y la alimentación de agua al inyector.

Se debe instalar un interruptor de vacío atmosférico en las tuberías de agua de envase. Si hay una válvula de cierre en el extremo de descarga de la tubería de agua se debe usar un interruptor de vacío y de presión.

7. ¿Existe una alarma en caso de interrupciones en la dosificación de cloro?

Los dos sistemas de alarma más comunes son de vacío en el sistema y de baja presión en el cilindro. Si se dispone de un sistema de alarma, ¿funciona? ¿La alarma detiene el caudal de agua o sólo da un aviso?

8. ¿El sistema es automático? ¿Hay medidor de caudal, analizador del cloro residual u otro sistema para ajustar las tasas de dosificación? ¿Funciona?

Es frecuente encontrar equipos automáticos que no funcionan.

¿El sistema proporciona un cloro residual adecuado aun con caudales altos? ¿El cloro residual es más alto cuando los caudales son bajos? Si el sistema no se adapta a las condiciones del caudal, se puede producir un riesgo sanitario significativo.

9. ¿Existe más de un cilindro? ¿Se encuentran interconectados y disponen de un interruptor automático para suplir la falta de cloro?

¿El dispositivo de interrupción o conexión funciona? Si sólo existe un cilindro, determine si el operador interrumpe el caudal del sistema cada vez que cambia el cilindro. Si no lo hace, habrá una interrupción en el proceso de desinfección.

10. ¿Están los cilindros colocados sobre balanzas?

Se debe usar una balanza para determinar la cantidad de cloro que se usa diariamente y poder calcular la dosis y el cloro restante en los cilindros. Las balanzas se deben mantener y calibrar.

11. ¿Los tanques se abren un cuarto de vuelta con una llave colocada para cerrarlos rápidamente?

Un cilindro cuya válvula se abre un cuarto de vuelta puede suministrar una dosis total de 20 kilos por día. No es necesario abrir la válvula más de lo necesario para proporcionar el caudal requerido. Si abre la válvula un cuarto de vuelta y deja la llave en su lugar, el operador podrá cerrar rápidamente el cilindro en caso de que se produzca una fuga.

12. ¿Todos los cilindros están debidamente marcados y asegurados para evitar su caída?

Tanto los cilindros vacíos como los llenos se deben marcar y almacenar a fin de determinar claramente cuáles están vacíos y cuáles llenos.

Para evitar caídas, todos los cilindros se deben asegurar con una cadena ubicada a 2/3 de altura de la base. En zonas sísmicas, se deben asegurar también en su parte inferior.

13. ¿Se transportan cilindros de cloro gaseoso? De ser así, ¿cumplen con los requerimientos de los reglamentos?

Recuerde, esto no constituye un riesgo sanitario directo. Sin embargo, los cilindros transportados se deben asegurar en dos partes y el vehículo debe tener letreros de peligro en todos sus lados. El conductor debe tener una licencia para conducir "material peligroso". Además, se debe considerar aspectos de capacitación especial y de transporte.

14. ¿Se dispone de la concentración adecuada de amoníaco para comprobar fugas?

Para detectar una fuga de cloro se debe usar amoníaco concentrado. El amoníaco casero no es lo suficientemente fuerte como para ser un indicador confiable de fugas de cloro.

15. ¿Se cuenta con disposiciones adecuadas para la contención de fugas?

Se requiere que el sistema de tratamiento de aire y el sistema aspersor contra incendios sean completamente herméticos.

16. ¿Se siguen prácticas de seguridad durante el cambio y mantenimiento de los cilindros?

La clave aquí es la capacitación. ¿Se ha brindado capacitación detallada en el manejo y cambio de cilindros? Esta capacitación se debe documentar y practicar por lo menos anualmente.

Verifique si hay un procedimiento estándar escrito para el cambio de cilindros. De no ser así, nada garantiza que el personal use un procedimiento seguro y no compete al inspector hacer que el personal cambie de cilindro para determinar si el procedimiento es seguro o no.

17. ¿Cuántas personas están presentes durante el cambio de cilindros de cloro?

Las normas industriales establecen que se requieren dos personas, una para cambiar el cilindro y otra para observar. Si no es posible, la hipocloración puede ser una opción más segura que la cloración con gas.

18. ¿Qué tipo de protección respiratoria se usa?

En los casos que se requiera, la empresa debe brindar un programa escrito de protección respiratoria. Este programa incluye una prueba de ajuste del dispositivo y capacitación en la selección, uso y cuidado del mismo. Además, el programa requiere exámenes físicos anuales de todo el personal que usa dichos dispositivos.

Los cartuchos de los respiradores se deben cambiar cada seis meses.

Todos los respiradores se deben revisar mensualmente.

Actualmente, se piensa que el uso de los ERA (equipos respiratorios autónomos) se debe limitar al personal de respuesta a emergencias y que los operadores deben usar una mascarilla de emergencia en caso de fugas, ya sea de cartucho o autónoma. El uso de ERA en una atmósfera peligrosa requiere como mínimo tres personas, dos con ERA y trajes de contención total, y un observador. Además, se debe capacitar al personal en el uso de materiales peligrosos.

19. ¿Cuándo se practicó por última vez el plan de emergencia?

La planta debe tener un plan de evacuación por escrito en caso de emergencias y se debe hacer simulacros.

20. ¿En qué condición opera el clorador?

Los cloradores a gas se deben desensamblar, limpiar y reconstruir cada año. La observación del rotámetro puede proporcionar un indicio de la frecuencia de limpieza. Si está recubierta por dentro con una película gruesa de color verde intenso o negruzca, ello indica que hace demasiado tiempo que el equipo no se limpia.

La apariencia general también puede ser una clave para determinar la frecuencia de limpieza.

Revise los registros de mantenimiento preventivo y reparación y verifique si el mantenimiento preventivo se realiza en forma rutinaria. Algunos indicadores de problemas en la cloración con gas podrían ser las válvulas, tuberías y accesorios dañados, corroídos o sueltos, la falta de flujo de gas hacia el clorador y la presencia de escarcha en el cilindro, válvulas o tuberías.

21. ¿Se dispone de equipo alternativo? ¿Existen repuestos adecuados?

La desinfección debe ser continua. Por ello, es recomendable tener equipos alternos de capacidad suficiente para remplazar incluso el equipo más grande. Cuando el equipo se daña y no se cuenta con equipo alternativo a mano, se debe interrumpir el flujo hacia el sistema de agua y conseguir los repuestos necesarios para su remplazo en forma urgente.

En cualquier caso, debe tenerse como mínimo, un diafragma de cada tipo y un juego de empaquetaduras de plomo de repuesto.

22. ¿En la caseta de cloración se dispone de iluminación apropiada, protección y barandas? ¿Existen precauciones de seguridad contra choques eléctricos?

Todos los artefactos eléctricos de una caseta de cloración deben ser resistentes contra la corrosión.

OBSERVACIÓN:

Estos riesgos sanitarios en los sistemas de dosificación de sustancias químicas se aplican a todos los sistemas de dosificación y a cualquier sustancia química usada en el proceso de tratamiento.

Remoción de la turbiedad

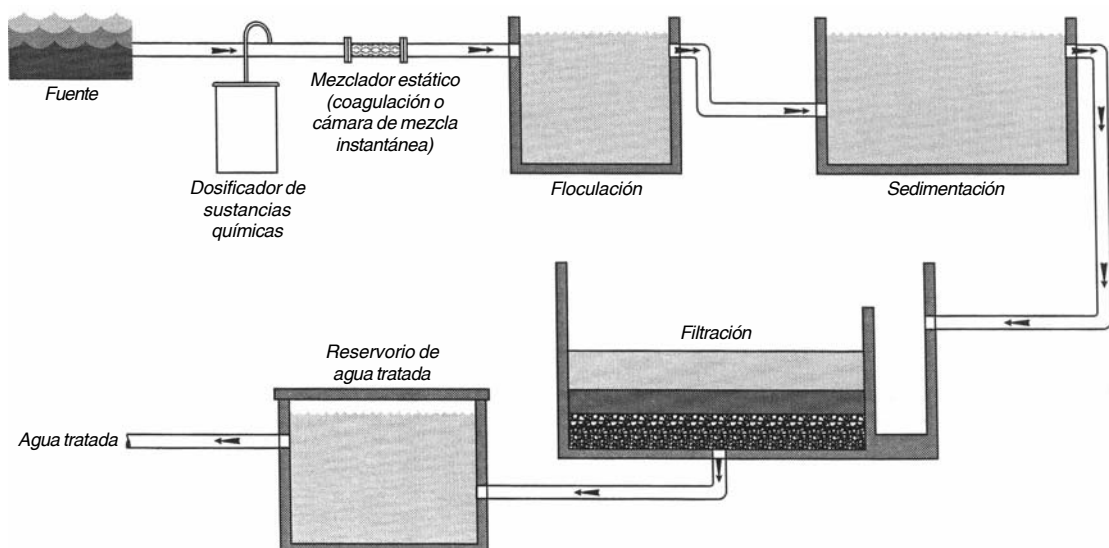
Propósito del tratamiento

Algunos reglamentos señalan que todos los suministros de agua públicos que usan agua superficial o agua subterránea bajo la influencia directa de una fuente superficial deben cumplir ciertos criterios para la remoción o inactivación de los quistes de *Giardia* y virus. La remoción de turbiedad mediante uno de los procesos adecuados de tratamiento es una etapa clave para cumplir con esos requisitos. Debido a brotes de *Cryptosporidium* en años recientes en los Estados Unidos, la EPA y AWWA han establecido recomendaciones para lograr remociones de turbiedad por encima de 0,5 UNT; la meta de la EPA es 0,1 UNT. Esta meta requiere optimizar las plantas de filtración a fin de lograr la máxima remoción de turbiedad.

Procesos de tratamiento

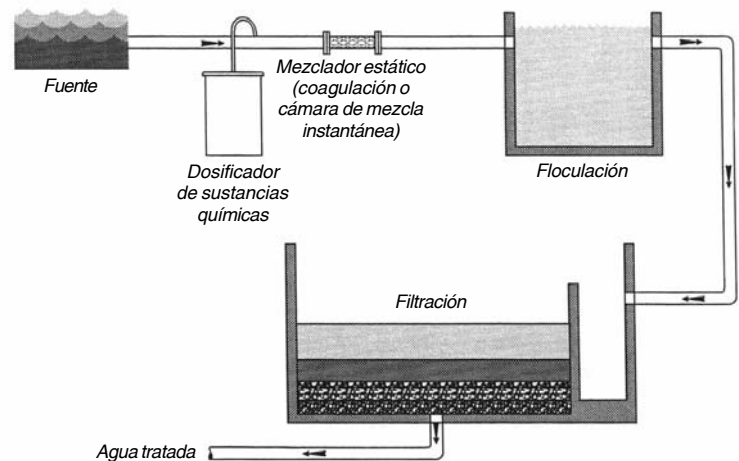
1. Tratamiento convencional

Esta es la tecnología más generalizada para la remoción de turbiedad y contaminantes microbiológicos en sistemas que usan agua superficial. El proceso incluye coagulación, floculación y sedimentación seguida de filtración. Generalmente, estas plantas usan compuestos de aluminio o hierro en los procesos de coagulación; sin embargo, también se pueden usar polímeros para mejorar los procesos de coagulación y filtración. En la mayoría de casos, se usan filtros de gravedad de arena, con algún otro medio filtrante o mezcla de ellos. Las tasas de filtración pueden oscilar entre $120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ($2 \text{ gpm}/\text{pie}^2$) para filtros de arena solamente y $240 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ($4 \text{ gpm}/\text{pie}^2$) para filtros con dos tipos de medios o mixtos.

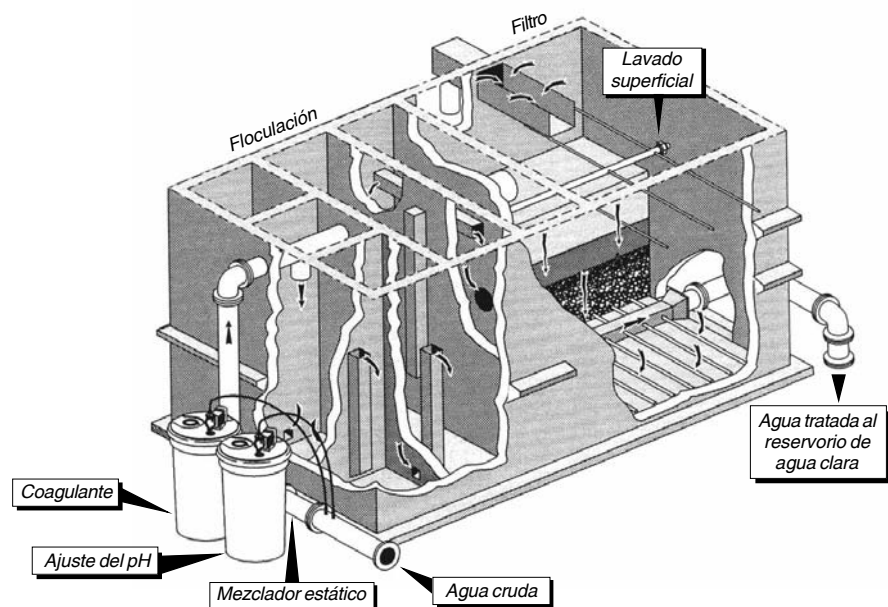


2. Filtración directa

Es similar a los sistemas convencionales pero no incluye el proceso de sedimentación. Generalmente, la filtración directa consta de coagulación, floculación y filtración con dos tipos o mezcla de medios filtrantes. La filtración en línea es una variación de este proceso que incluye sólo el uso de filtros en línea precedidos por la aplicación de un coagulante químico y mezcla. Los sistemas de filtración directa se aplican mejor en sistemas pequeños que disponen de fuentes de agua cruda sin mayor variación de calidad debido a los cambios estacionales y que sean de buena calidad. Por lo general, la turbiedad del agua cruda no debe exceder 10 UNT ni tener un color mayor de 30 unidades.

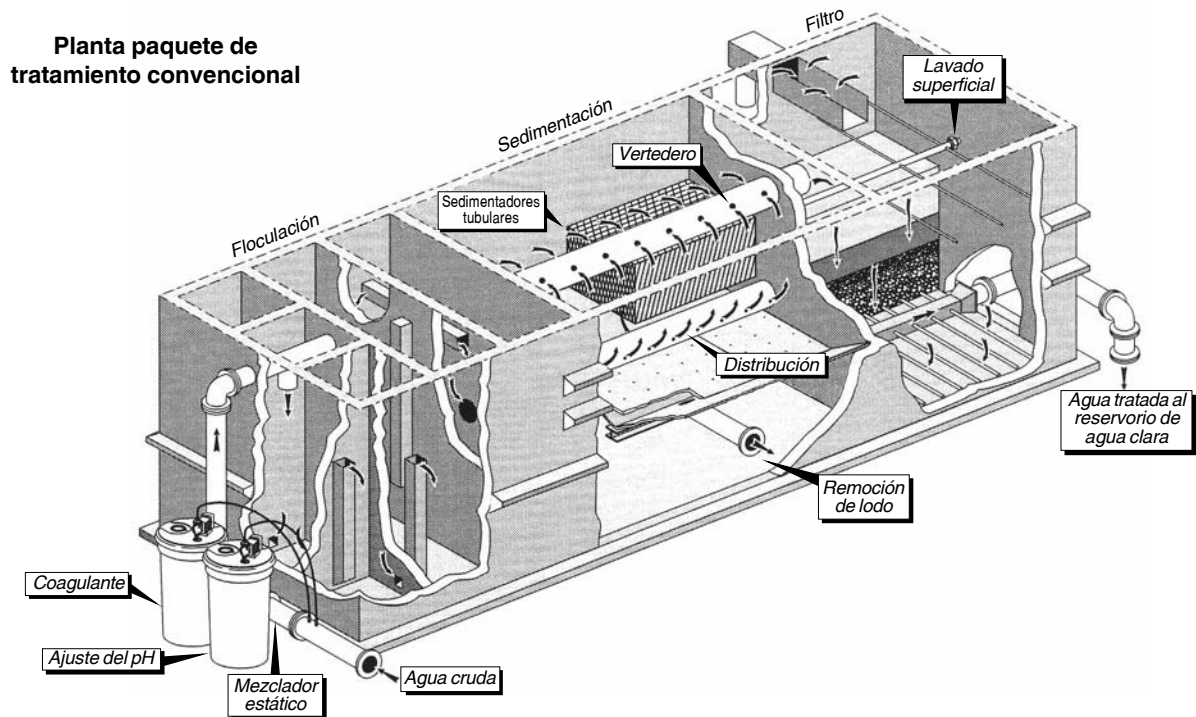


Planta paquete de filtración directa



3. Filtración en planta paquete

Generalmente, incluye los procesos que se aplican en una planta de tratamiento convencional. Los procesos unitarios se combinan en un paquete provisto por una compañía que los vende y transporta al lugar deseado donde se hace la instalación. En el caso de comunidades pequeñas, pueden ser efectivos en función de los costos pero, contrariamente a lo que se documenta en la literatura técnica, requieren operadores capacitados para supervisar cuidadosamente la operación a fin de lograr una producción consistente. Esto es particularmente cierto cuando la calidad del agua cruda es susceptible a cambios repentinos.



Riesgos sanitarios del tratamiento convencional

Coagulación - Mezcla rápida

Observación: Los riesgos sanitarios relacionados con los sistemas de dosificación de sustancias químicas también se pueden incluir en esta sección.

1. ¿Siempre se usa un coagulante cuando la planta está en operación?

El inspector debe verificar que se añada un coagulante. De no ser así, debe notificar de inmediato a la autoridad de salud para que emita una advertencia. El inspector debe preguntar si siempre se añade un coagulante cuando la planta está en operación y debe verificar que se cuente con repuestos y bombas alternas para el coagulante primario y polímeros. De las respuestas a las siguientes preguntas, el inspector debe deducir el grado de destreza y conocimiento del operador.

2. ¿Qué tipo y combinación de coagulantes se usan?

Las sales de alumbre o hierro se usan como coagulantes primarios. La efectividad del alumbre disminuye cuando el pH excede 8,0. Los polímeros catiónicos de bajo peso molecular también se usan como coagulantes primarios, pero generalmente con agua cruda de baja turbiedad y si se aplican a la filtración directa. Debido a que el cloruro de polialuminio combina aluminio y polímeros, el operador sólo añade una sustancia química. Los polímeros no iónicos y aniónicos se usan como ayudantes de la coagulación, floculación, filtración y para el retrolavado.

3. ¿Cuál es el propósito de los coagulantes?

El operador debe explicar el propósito de cada coagulante y por qué se debe inyectar en un punto determinado. Por ejemplo, debe explicar que el polímero de bajo peso molecular se inyecta inmediatamente después de una mezcla rápida y se usa como ayudante de la coagulación y que el polímero de alto peso molecular se agrega en la tubería de entrada a los filtros y se usa como ayudante de la filtración.

4. ¿Cómo se calcula la dosis de cada coagulante?

¿El operador usa pruebas de jarras o hace estudios piloto para determinar la dosis óptima del coagulante? Pregúntele al operador cómo se preparan las soluciones madre para pruebas de jarras de alumbre y polímeros, cómo se hacen y dosifican las pruebas de jarras, cómo se calculan los ml/min a partir de mg/l, cómo se calibra la bomba dosificadora y cómo se prepara diariamente la dilución para los tanques. El operador que no sea capaz de llevar a cabo estas operaciones de rutina no tendrá la capacidad necesaria para operar una planta de filtración rápida. La dosis típica de ayuda de filtración para un

filtro varía entre 0,02 y 0,1 mg/l. Es muy fácil aplicar una sobredosis ya que normalmente los polímeros neutralizan la carga en las partículas.

5. ¿Existe un programa para controlar el proceso de adición del coagulante?

¿Qué tipo de control se implementa para controlar la dosificación durante niveles normales y de emergencias de turbiedad del agua cruda y otros problemas de calidad? ¿El sistema ha reducido las carreras de filtración debido a la colmatación del filtro por algas y qué se hace para controlar éste y otros problemas específicos?

6. ¿El proceso de mezcla rápida es adecuado?

Este proceso es una parte importante del proceso de coagulación. La mezcla se puede realizar a través de diversos medios, tales como unidades mecánicas, difusores, mezcladoras en línea y deflectores. El inspector debe observar el tipo de mezcla y determinar si funciona adecuadamente para todos los caudales y los rangos de coagulante. La mezcla inadecuada puede afectar gravemente el rendimiento de los procesos aguas abajo, especialmente cuando se deteriora la calidad del agua cruda.

Floculación

1. ¿El proceso de floculación es adecuado?

Se deben revisar los problemas de cortocircuito en la unidad de floculación. El inspector debe observar si existe una buena formación de flóculos en el efluente al final de la unidad de floculación antes de ingresar a la unidad de sedimentación. El tamaño del flóculo recomendable puede variar entre 0,1 y 3,0 mm aproximadamente, según las características de la planta de tratamiento. En el caso de floculadores mecánicos, las paletas deben estar todas en su lugar y girar adecuadamente.

Sedimentación

1. ¿El proceso de sedimentación es adecuado?

El inspector debe describir el proceso de sedimentación (sedimentadores tubulares, de placas, etc.) y observar problemas de cortocircuito o turbulencia excesiva.

En el caso de clarificadores de contacto con sólidos de flujo ascendente, el agitador debe permanecer en operación para mantener el manto de lodo en suspensión cuando la unidad no esté en servicio.

No debe haber acarreo de flóculos de la unidad de sedimentación a los filtros. Como regla general, los procesos de coagulación, floculación y sedimentación

funcionan adecuadamente si la turbiedad del efluente del sedimentador presenta menos de 2 UNT. El inspector debe determinar si la remoción de lodo se realiza adecuadamente en la planta. Ello incluiría la remoción de lodo de las unidades de sedimentación, así como la disposición final de lodos de la planta de tratamiento.

Filtración

1. ¿El proceso de filtración funciona adecuadamente?

El propósito principal de la filtración es remover los sólidos suspendidos. El rendimiento del filtro se puede medir mediante la reducción de la turbiedad en cada filtro. El inspector debe conocer las características de remoción de turbiedad de cada filtro en servicio.

2. ¿Se sigue un pretratamiento adecuado?

Se debe monitorear la calidad del agua que ingresa a los filtros para garantizar que funcionen según las pautas de diseño. El proceso de filtración, cualquiera que sea el tipo de filtro, no funcionará efectivamente si las características del afluente no son aceptables. Esta condición es especialmente importante en sistemas de filtración lenta con arena, tierra diatomea y filtración por membranas.

3. ¿Se producen fluctuaciones rápidas de caudal a través del filtro?

Los cambios rápidos en el caudal pueden dañar el filtro. Registre las causas de las fluctuaciones rápidas de caudal, tales como procedimientos de operación, válvulas de control de ciclos, etc.

4. ¿Qué control y factores se usan para evaluar el rendimiento de cada filtro?

Determine los métodos usados para evaluar el rendimiento, tales como el monitoreo continuo de la turbiedad, otros monitoreos relacionados y la frecuencia, incluidos la turbiedad del agua cruda y sedimentada, pH, alcalinidad y dureza.

5. ¿Los instrumentos y controles del proceso son adecuados, operativos y están en servicio?

Los turbidímetros deben ser sumamente exactos y se deben calibrar periódicamente según las recomendaciones del fabricante. La pérdida de carga a través del filtro es importante en la operación de estas unidades, como lo es el uso de controladores de velocidad. Los instrumentos para estas mediciones y controles deben funcionar adecuadamente. El inspector debe determinar si se usan velocidades de filtración y de retrolavado adecuadas. Si la opción de filtración al desagüe está disponible en la planta, el inspector debe asegurarse de que se use adecuadamente y que se hagan pruebas para verificar la adecuación del procedimiento.

El operador debe poder explicar la importancia de las lecturas obtenidas de los instrumentos de la planta.

6. ¿Los filtros y equipos relacionados se operan y reparan adecuadamente?

¿Hay arena en el reservorio de agua tratada que indique una falla en el drenaje o problemas graves en el medio filtrante? ¿Las bombas de retrolavado operan a una tasa tan baja que ocasiona la formación de bolas de lodo y cortocircuito, o a una tasa tan alta que produce la salida del medio filtrante? ¿El lavado de la superficie desintegra la capa superior del filtro? ¿Se verifica si existe acumulación de lodo en la superficie y bolas de lodo en el medio filtrante? Si la acumulación de lodo es un problema, ¿se limpia manualmente la capa superficial de arena? ¿El filtro se expande por lo menos 25% bajo todas las temperaturas del agua? ¿La tasa de retrolavado se incrementa y reduce lentamente para no dañar el filtro? ¿Mientras se retrolava el filtro, se verifica que no haya desniveles de grava o puntos muertos que puedan dañar el drenaje y afectar la expansión del lecho? Durante la operación ¿se producen depresiones, agrietamientos o cortocircuitos en el medio filtrante? ¿Es posible aplicar la opción de filtración al desagüe? ¿Existe un programa de mantenimiento del filtro y todos sus accesorios? Los filtros a presión demandan un cuidado especial debido a la frecuente dificultad de abrir la escotilla empernada. El inspector debe preguntar cuándo se abrió y revisó por última vez.

7. ¿Qué origina un retrolavado? ¿Existe un procedimiento estandarizado (PEO) de operación para este proceso?

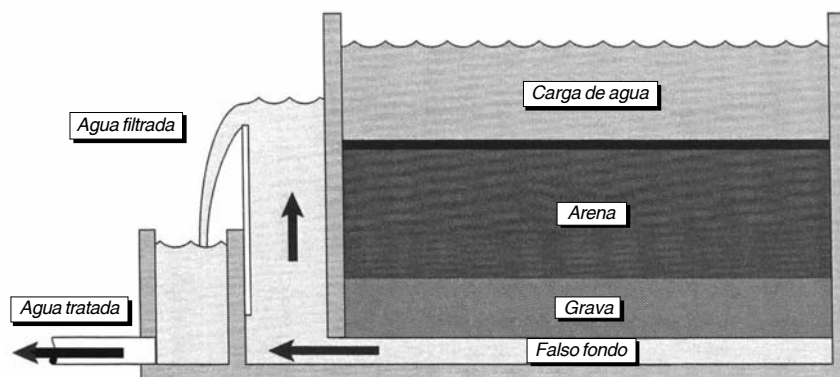
El retrolavado puede iniciarse debido a la pérdida de carga, al tiempo transcurrido o a la turbiedad del efluente. Es importante que todos los operadores usen el mismo criterio. Para garantizar que todo el personal siga el mismo procedimiento, el operador debe tener un PEO para el proceso de retrolavado y para reponer el filtro en servicio.

También se debe revisar la disposición del agua de retrolavado para garantizar el cumplimiento de los reglamentos y determinar su impacto en el proceso de tratamiento. Las investigaciones recientes muestran que el reciclaje del agua de retrolavado concentra quistes de *Giardia* y *Cryptosporidium* y probablemente se debe discontinuar.

Durante la inspección sanitaria, el inspector debe hacer que el operador retrolave el filtro para determinar si se presenta cualquiera de las condiciones anteriores. Además, el inspector debe revisar los registros de mantenimiento y reparación.

4. Filtración lenta en arena

Este proceso consta de un medio único de arena fina de aproximadamente 0,90 a 1,20 m (3-4 pies) de profundidad. El medio filtrante no se retrolava como en el caso de los filtros rápidos de arena; en su lugar, se limpia manualmente mediante la remoción del medio filtrante superficial. La tasa de filtración oscila entre 0,1 y 0,2 m/h (0,05-0,1 gpm/pie²) y, por ende, requiere un área más extensa de terreno. Estos sistemas pueden ser apropiados para comunidades pequeñas, pero deben incluir un pretratamiento adecuado (físico, no químico) y no son recomendables para aguas crudas con altos niveles de turbiedad y calidad variable. Estos filtros se operan con el lecho filtrante permanentemente sumergido y los mecanismos principales del proceso son biológicos (formación de una capa biológica) y fisicoquímicos.



Riesgos sanitarios de la filtración lenta en arena

Observación: Los riesgos sanitarios relacionados con los sistemas de dosificación de sustancias químicas también se aplican en esta sección.

1. ¿Qué pretratamiento se usa?

Puesto que el pretratamiento con coagulantes no es necesario ni se recomienda debido a la colmatación del filtro, ¿qué tipo de pretratamiento se usa? ¿Se usan rejillas, cloro o prefiltros de arena gruesa o grava antes del filtro lento de arena?

2. ¿Qué método se usa para limpiar los filtros lentos de arena?

¿Cuál es el tiempo promedio y el tiempo límite entre las limpiezas del filtro? ¿La limpieza se realiza mediante el raspado (método más común) o trillado (tasa reducida de retrolavado mientras se remueve la arena)? ¿Cuál es la profundidad de la arena? Se debe agregar arena limpia o nueva cuando la profundidad borde los 60 cm (24 pulgadas).

3. ¿Se cuenta con equipos alternos para filtros lentos de arena?

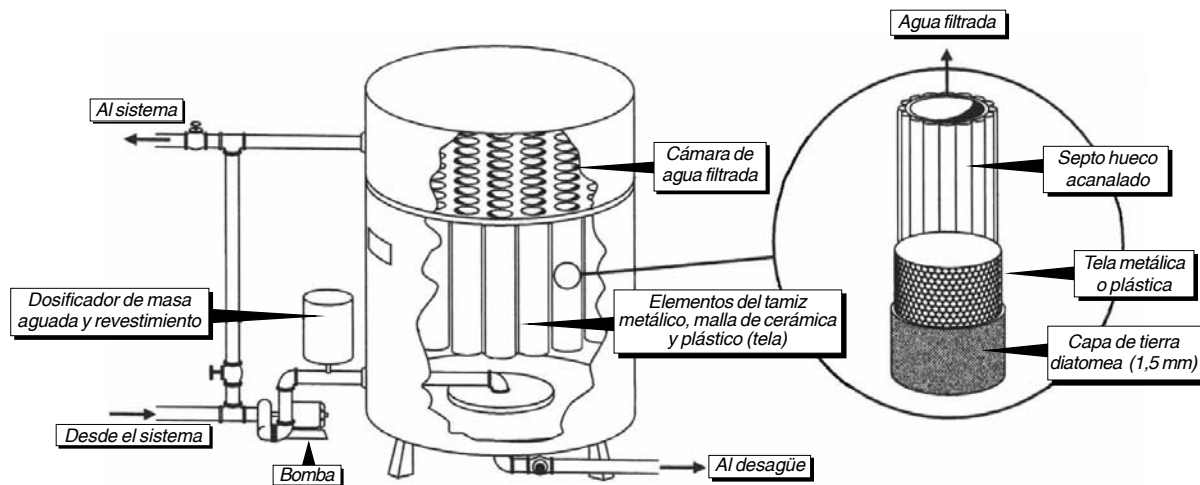
Los filtros lentos de arena funcionan inadecuadamente durante uno o dos días y a veces hasta dos semanas después de su limpieza. Por ello, es fundamental que la instalación cuente con unidades alternas con un ciclo de filtración al desagüe mientras el filtro desarrolla su capa biológica. Los filtros pueden ser puestos en servicio inmediatamente si se usa la técnica de trillado. Los filtros lentos de arena dependen de los microbios y su peor enemigo es la falta de humedad. El inspector debe preguntar si alguna vez la arena se dejó expuesta al sol y por cuánto tiempo.

4. ¿El filtro lento de arena se cubre y se encuentra en un lugar oscuro?

Idealmente, un filtro lento de arena debe estar dentro de una estructura con poca luz para evitar el crecimiento de algas.

5. Filtración con tierra diatomea

La filtración con TD (tierra diatomea) es apropiada para el tratamiento directo de aguas superficiales con niveles bajos de turbiedad y microorganismos. Los filtros constan de una capa de TD (de aproximadamente 3 mm (1/8 pulgada) de espesor) apoyada en un septo o elemento del filtro. Los septos se pueden colocar en recipientes a presión u operar al vacío en recipientes abiertos. Generalmente, las unidades se diseñan para una tasa de filtración de 2,5 m/h (1 gpm/pie²).



Riesgos sanitarios de la filtración con tierra diatomea

Observación: Los riesgos sanitarios relacionados con los sistemas de dosificación de sustancias químicas también se aplican a esta sección.

1. ¿Qué niveles de revestimiento y dosificación continua se aplican?

Para mejorar la remoción de quistes, la cantidad mínima de revestimiento diatomáceo debe ser de 1 kg/m² (0,2 libras/pie²) con un espesor mínimo de 5 mm. Los filtros de TD no requieren un ciclo de filtración al desagüe debido al proceso de revestimiento. ¿Qué cantidad de revestimiento se usa? Se requiere una dosificación continua ya que la torta del filtro se puede agrietar. Además, si no hay dosificación, habrá un incremento rápido en la pérdida de carga debido a la acumulación en la superficie. ¿Qué dosis se usa para mantener el revestimiento? ¿Se agrega continuamente? ¿El operador puede verificar las dosis?

2. ¿Existen interrupciones del caudal?

Las interrupciones del caudal ocasionan la caída de la torta del filtro y permiten que los agentes patógenos pasen a través del filtro de TD. ¿Se vuelve a aplicar el revestimiento cada vez que se interrumpe el caudal? Por esta razón, el sistema de filtración con TD no es aconsejable para una operación intermitente.

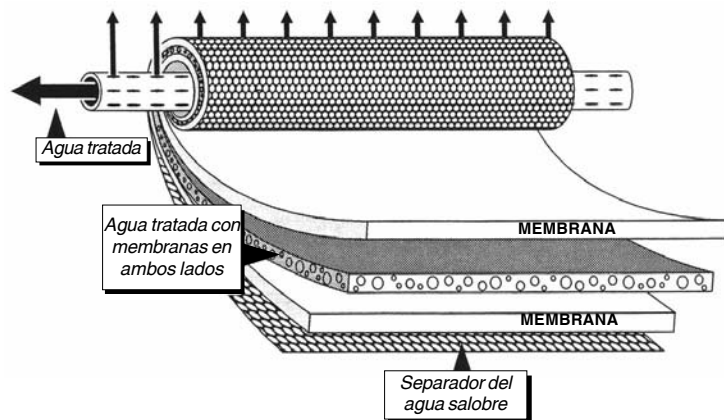
3. ¿Cuándo se inicia el retrolavado?

La tasa de dosificación y el tamaño del medio filtrante son importantes para determinar la longitud de la carrera del filtro. Por lo general, las carreras del filtro oscilan entre dos y cuatro días. Las carreras más cortas minimizarán los problemas de sabor y olor (S&O) del agua filtrada producto de la descomposición de la materia orgánica atrapada en el filtro. La TD es efectiva para la remoción de algas, pero si se usa precloración puede incrementar el S&O. ¿La planta tiene problemas de S&O debido a carreras largas del filtro o debido a la precloración? ¿Con qué frecuencia se revisa y limpia la unidad (aproximadamente 100 carreras del filtro)? ¿Cómo se dispone la torta del filtro?

6. Filtración por membranas

La filtración por membranas, también conocida como ultrafiltración, usa fibras porosas o membranas dobladas en espiral para remover las partículas del agua. La filtración por membranas puede ser recomendable para sistemas pequeños debido a que son de menor tamaño y eliminan el uso de coagulantes químicos. Puede remover bacterias, *Giardia* y algunos virus. Básicamente, el proceso consiste en el paso del agua a una presión elevada a través de una membrana delgada en la forma de un conducto poroso o espiral doblado compuesto de varias mantas. Es necesario

realizar una limpieza periódica con las sustancias químicas apropiadas y luego asegurar que el producto de la limpieza sea dispuesto adecuadamente.



Membranas

Las membranas se pueden dividir en cuatro categorías que se describen a continuación. La selección de una membrana se basa en las metas específicas del tratamiento; por ejemplo, remoción de sustancias inorgánicas, sustancias orgánicas naturales, de material particulado y de agentes patógenos. La ventaja de las membranas es que la calidad de la filtración se logra independientemente de los cambios en la turbiedad, cantidad de microorganismos, proliferación de algas, pH, temperatura o interacción del operador. En lugar de comprometer la calidad del agua producida, las membranas disminuyen su rendimiento operativo, por ejemplo, incrementan la presión diferencial a través de la membrana y acortan la frecuencia de limpieza. El nivel de capacitación debe ser básico, excepto con la ósmosis inversa, donde se requiere un operador calificado debido al avanzado nivel de pretratamiento requerido. La preocupación principal es la obstrucción de las membranas, especialmente cuando se trata de membranas de alta presión.

Ósmosis inversa (OI)

La OI usa presión alta para remover las sales del agua salobre y de mar. Excluye los iones metálicos y de sales acuosas de menos de 0,001 micrones. Debido al mecanismo de exclusión por tamaño, la OI es una barrera total contra quistes, bacterias y virus. Como la OI se usa para problemas específicos de calidad del agua, este punto se abordará más detalladamente en la sección sobre tratamientos especiales.

Nanofiltración (NF)

La NF también conocida como ablandamiento por membranas u OI de presión baja es efectiva para la remoción de iones de calcio y magnesio (cationes polivalentes o dureza). La NF es el método de filtración de

membrana más efectivo para remover materia orgánica natural cuando se quiere controlar subproductos de la desinfección. La NF excluye moléculas de más de 0,001 micrones, como los compuestos orgánicos, y es además una barrera total contra quistes, bacterias y virus.

Ultrafiltración (UF)

La UF usa membranas de baja presión y sirve para remover materia orgánica natural y partículas. La UF excluye las moléculas por encima de 0,01 micrones y las macromoléculas; además, es una barrera total contra quistes y remueve parcialmente bacterias y virus.

Microfiltración (MF)

La MF usa membranas de baja presión y remueve material particulado y sólidos suspendidos. La MF excluye las moléculas de más de 0,1 micrones, el rango de las macromoléculas y las micropartículas, es una barrera total contra los quistes y remueve parcialmente bacterias y virus.

Riesgos sanitarios de la filtración por membranas

Observación: Los riesgos sanitarios relacionados con los sistemas de dosificación de sustancias químicas también se pueden aplicar en esta sección.

1. ¿Qué tipo de membrana se usa y cuál es su propósito?

Según las categorías de membranas mencionadas, el inspector debe identificar cuál se usa y por qué se eligió. Por ejemplo, se eligió la NF para remover los precursores de los subproductos de la desinfección.

2. ¿Qué tipo de pretratamiento se usa?

Generalmente, el único pretratamiento necesario para la MF es un tamiz que retiene partículas de 500 micrones. Para que los sistemas de OI y NF operen económicamente y puedan remover los contaminantes disueltos, se deben remover previamente los sólidos suspendidos, microorganismos y coloides. La MF es el mejor pretratamiento para los sistemas de OI y NF. El inspector debe describir el pretratamiento usado antes de la membrana final.

3. ¿Qué medidas existen para alertar al operador sobre fallas en la membrana?

Según el tipo de membrana usada, éstas proporcionan una barrera muy efectiva contra agentes patógenos; sin embargo, son sólo una barrera, si fallan, los agentes patógenos no se podrán remover por otro medio. Algunas membranas tienen medidores de sólidos

disueltos totales, otras tienen pruebas automáticas de la integridad de la membrana; un módulo integral no detectará casi ningún problema durante el periodo de prueba. El inspector debe establecer el tipo de prueba que se usa para comprobar la integridad de la membrana usada y lo que se debe hacer en caso de deterioro de la membrana. ¿Se cuenta con unidades de reserva en caso falle una unidad o esté fuera de servicio por limpieza o cambio de membranas?

4. ¿Cuál es la tasa de colmatación y la vida útil de las membranas?

La colmatación se puede controlar mediante el ajuste del pH y el grado de pretratamiento. Dicha colmatación se incrementará mientras más pequeños sean los poros de la membrana. En el caso de la MF, no es necesario el ajuste del pH ya que la MF no remueve iones disueltos. Generalmente, un índice de densidad de sedimentación de menos de 1,0 significa que el potencial de colmatación es bajo. El inspector debe describir los problemas de colmatación de la planta y cómo afectan la vida útil de la membrana.

5. ¿Cuál es el porcentaje de recuperación y qué técnica de retrolavado se usa?

¿Cuál es el porcentaje de recuperación (porcentaje de agua cruda que pasa a través de la membrana) de las membranas usadas en la planta? Por ejemplo, la recuperación para la MF es de aproximadamente 90%. El inspector también debe evaluar cómo se realiza el retrolavado (por ejemplo, retrolavado a gas), con qué frecuencia se realiza y cómo la calidad del agua cruda afecta el volumen requerido. Por ejemplo, el volumen de retrolavado para la MF es de aproximadamente 6% para turbiedad baja y hasta 12% para turbiedad alta.

6. Describa la frecuencia de limpieza y la disposición del agua de lavado y de agua salobre.

¿Con qué frecuencia se limpian las membranas? Describa qué sustancias químicas se usan y su método de disposición. Existen varios métodos para disponer el agua salobre: en el alcantarillado, en aguas superficiales, en lagunas o estanques, en el terreno o mediante el reciclaje en la captación. ¿Cómo se dispone el agua salobre en la planta?

7. ¿Cuál es la condición de la planta y sus accesorios?

Las plantas de filtración por membranas son mecánicamente complejas y cuentan con numerosas válvulas automáticas y muchas otras conexiones que requieren anillos para lograr un cierre hermético del agua. ¿Todas las válvulas funcionan adecuadamente? ¿Existen problemas de fugas en la red de tuberías?

Control de la corrosión

Definición de corrosión

La corrosión causa el deterioro de los materiales de la tubería y generalmente ocurre en los sistemas de distribución de agua de bebida por el principio del mecanismo de disolución. La disolución de los materiales de la tubería se produce cuando se combinan condiciones físicas y químicas del agua que la favorecen.

Necesidad de tratamiento

La alteración de las características de la calidad del agua por medio del tratamiento puede reducir en gran medida algunas formas de corrosión, pero puede tener un efecto menor en otras. Muchos sistemas de abastecimiento deben implementar un tratamiento óptimo de control de la corrosión para reducir los niveles de plomo y cobre establecidos por la reglamentación.

Tratamiento para el control de la corrosión

El tratamiento para el control de la corrosión se orienta básicamente a inhibir la disolución. El objetivo es alterar la calidad del agua de manera que las reacciones químicas entre el agua y los materiales de la tubería permitan la formación de una capa protectora en las paredes internas de la tubería. Este tratamiento busca reducir el contacto entre la tubería y el agua mediante la creación de una película que: (1) esté presente a lo largo del sistema de distribución e instalaciones domiciliarias; (2) sea relativamente impermeable; (3) sea resistente a cambios bruscos de velocidad y (4) sea menos soluble que el material de la tubería.

Las tecnologías de control de la corrosión se caracterizan por tener dos enfoques generales para inhibir la disolución del plomo y cobre: (1) precipitación de compuestos insolubles en la pared de la tubería como resultado del ajuste de la composición química del agua; e (2) inactivación del material de la tubería por medio de la formación de compuestos metálicos menos solubles (carbonatos y fosfatos) que se adhieran a la pared de la tubería.

En general, las tecnologías de tratamiento de la corrosión son:

- (1) precipitación
 - ajuste de la dureza del calcio
- (2) inactivación
 - ajuste del pH y alcalinidad
 - adición de inhibidor de corrosión.

Riesgos sanitarios del control de la corrosión

Observación: Los riesgos sanitarios relacionados con los sistemas de dosificación de sustancias químicas y desinfección también se aplican en esta sección.

1. ¿Cuáles son los resultados del muestreo de plomo y cobre?

Si se excedieron los niveles permitidos para el plomo y el cobre, los resultados pueden indicar la necesidad de establecer diferentes estrategias de control de la corrosión.

2. ¿Cuáles son las características del agua que ingresa y sale de la planta de tratamiento?

El operador debe proveer datos sobre los análisis que indiquen las características químicas del agua que ingresa y sale de la planta de tratamiento. Esta información debe ser la base para elaborar un programa apropiado de control de la corrosión; así como para demostrar que las sustancias químicas aplicadas cumplen con las metas deseadas.

3. ¿Qué tipo de muestreo se realiza en el sistema de distribución como parte del programa de control de la corrosión?

Se debe implementar un muestreo apropiado en el sistema de distribución para garantizar los resultados deseados; así como para evitar posibles problemas asociados con la dosificación excesiva de sustancias químicas. Por ejemplo, la dosificación excesiva de un inhibidor de fosfato podría generar un crecimiento biológico indeseable en las tuberías de distribución.

4. ¿El equipo de prueba que monitorea los datos es apropiado y opera adecuadamente?

Debido a que el pH generalmente es un parámetro importante en el control de la corrosión, el equipo de prueba debe ser exacto y calibrarse adecuadamente.

Remoción de hierro (Fe) y manganeso (Mn)

Origen del problema

El hierro (Fe) y manganeso (Mn) comprenden aproximadamente 5 y 0,1% de la corteza terrestre y se encuentran ampliamente distribuidos en las aguas superficiales y subterráneas de casi todas las áreas geográficas.

Fe y Mn en el agua superficial

En el agua superficial, el hierro y manganeso pueden estar presentes debido a la disolución de las formaciones geológicas y a la descomposición de materiales orgánicos. Casi todos los métodos disponibles para la remoción de hierro y manganeso, a excepción del intercambio iónico, dependen de la oxidación de las formas solubles a insolubles seguida de la clarificación o filtración para remover los precipitados resultantes. Por ende, los procesos descritos en la sección sobre tratamiento de aguas superficiales (pretratamiento, adición de sustancias químicas, coagulación, floculación, sedimentación y filtración) generalmente serán adecuados para tratar los problemas de hierro y manganeso en aguas superficiales.

Fe & Mn en aguas subterráneas

En aguas subterráneas, el hierro y manganeso se encuentran particularmente en pozos que extraen agua de formaciones de esquisto, arenisca y depósitos aluviales. Por lo general, el hierro en las aguas subterráneas está en el rango de unos pocos centésimos a cerca de 25 mg/L y la mayoría de pozos tiene menos de 5 mg/L. Generalmente, el manganeso está presente en las aguas subterráneas en una concentración menor que 1 mg/L, si bien existen excepciones significativamente mayores.

Procesos de tratamiento

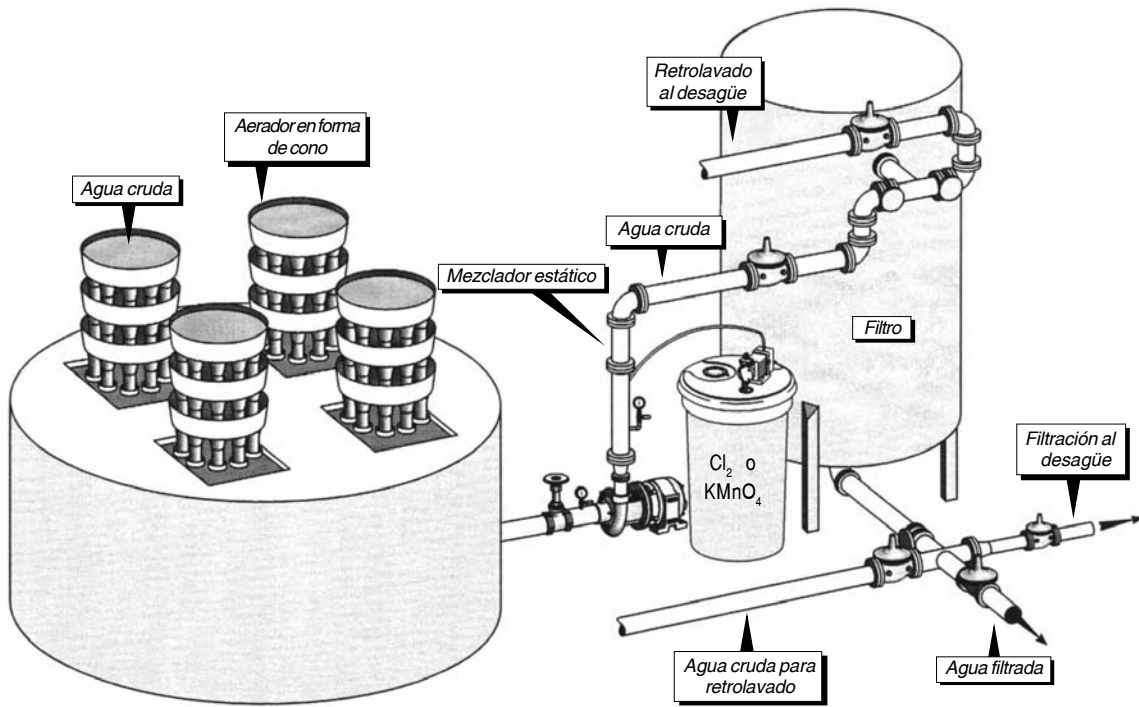
Los procesos de remoción de hierro y manganeso de las aguas subterráneas generalmente son:

1. oxidación (aeración, cloración o adición de permanganato de potasio) seguida de filtración
2. oxidación, clarificación y filtración
3. intercambio iónico
4. filtración de manganeso con arenisca verde.

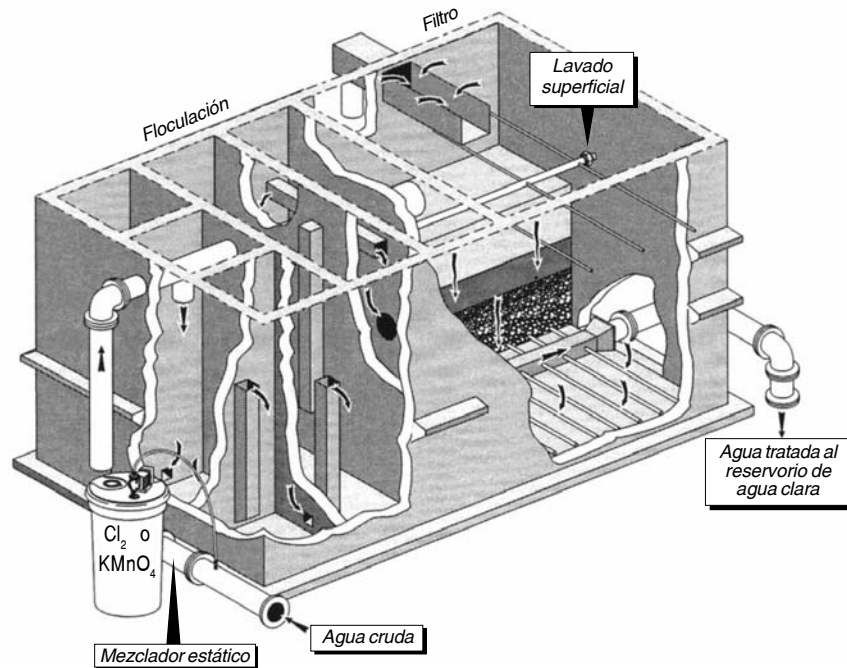
Aplicación

La aplicación de cada uno de los procesos anteriores y la secuencia de la adición de sustancias químicas dependen de las condiciones propias de cada planta de tratamiento en lo que se refiere a calidad del agua cruda y capacidad de la planta.

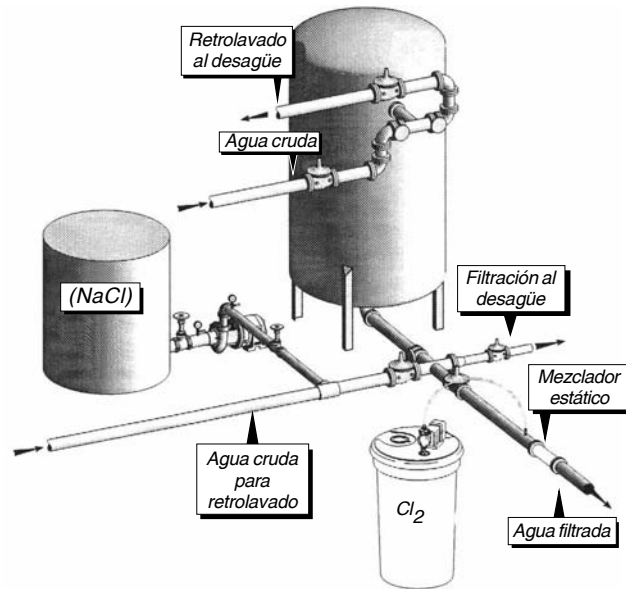
Aeración - Filtración



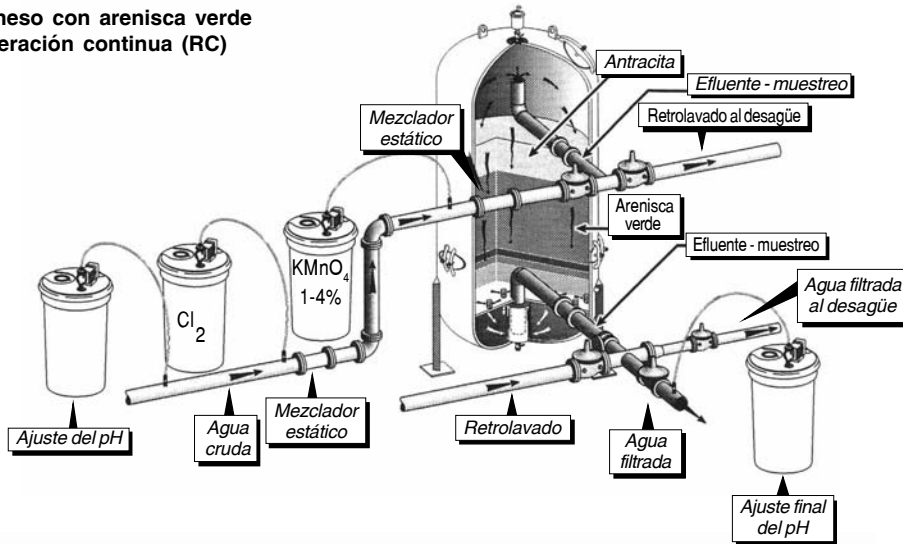
Oxidación con cloro - Filtración



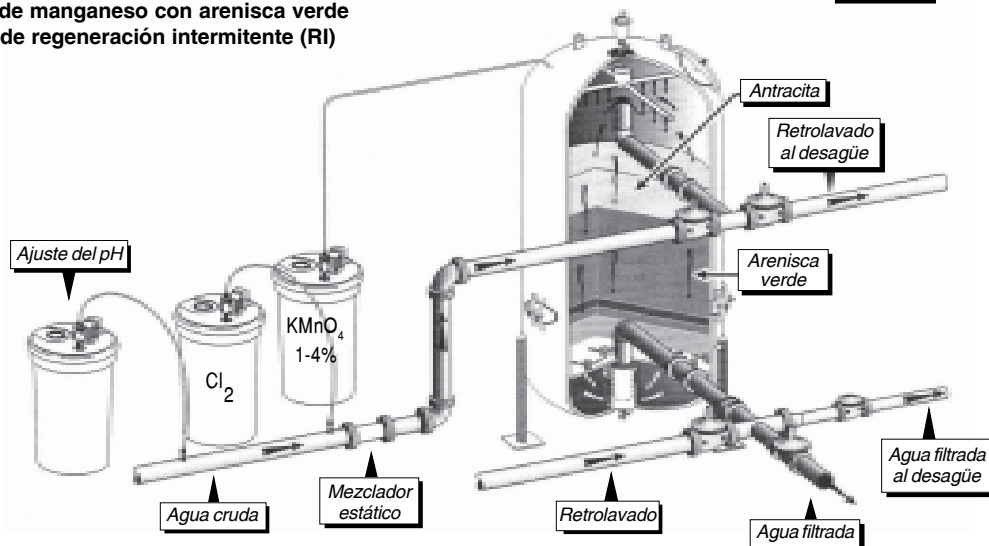
Intercambio iónico



**Filtración de manganeso con arenisca verde
Proceso de regeneración continua (RC)**



**Filtración de manganeso con arenisca verde
Proceso de regeneración intermitente (RI)**



Riesgos sanitarios de la remoción de hierro y manganeso

Observación: Los riesgos sanitarios relacionados con los sistemas de dosificación de sustancias químicas también se aplican en esta sección.

1. ¿Qué proceso de tratamiento se usa?

Existen diversos procesos disponibles para la remoción de hierro y manganeso así como variaciones en algunos de los procesos estándares. El operador debe describir el proceso usado y por qué la planta opera con esa modalidad específica.

2. ¿El proceso funciona adecuadamente basado en la observación visual?

El inspector debe examinar el agua filtrada para determinar si hay algún color evidente. El agua tratada descolorida podría indicar la presencia de hierro o manganeso o una sobredosis de permanganato de potasio, lo cual podría generar agua de color rosado.

3. ¿Qué sustancias químicas se usan y en qué cantidades?

En una planta de filtración de manganeso con arenisca verde, el operador puede usar alguna combinación de cloro, permanganato de potasio y una sustancia química para el ajuste del pH (soda cáustica, carbonato sódico, cal). La cantidad de esas sustancias químicas es importante para el rendimiento uniforme de la planta.

4. ¿Dónde se aplican las sustancias químicas?

La secuencia de adición de sustancias químicas en una planta de filtración de manganeso con arenisca verde tiene un gran impacto en la efectividad para remover hierro y manganeso. El inspector debe determinar si la planta opera en la modalidad de RC (regeneración continua) o RI (regeneración intermitente) y justificar la modalidad usada. Por lo general, la modalidad de RC se aplica cuando la remoción de hierro es el objetivo principal, con o sin la presencia de manganeso. La modalidad de RI se usa cuando el agua contiene mayormente manganeso con pequeñas cantidades o trazas de hierro.

Remoción de sustancias orgánicas

Propósito Remoción de sustancias orgánicas.

Adsorción mediante carbón

Usos de la adsorción mediante carbón

La adsorción se usa principalmente en el tratamiento de agua para (1) reducir las sustancias orgánicas que contribuyen al sabor y olor y (2) reducir las sustancias orgánicas que contribuyen a la formación de trihalometanos (THM), algunos de los cuales pueden ser tóxicos.

Tipos de carbón

Las dos formas de carbón activado que se usan en el tratamiento de agua son: carbón activado en polvo y carbón activado granular.

CAP

Carbón activado en polvo (CAP): Este material tiene menos de 0,1 mm de diámetro. Un gramo de CAP tiene 500 a 600 metros cuadrados de área superficial y pesa aproximadamente 0,32 a 0,72 g/cm³ (20 a 45 libras por pie cúbico).

Uso

El CAP se usa principalmente para remover el sabor y olor causado por los compuestos orgánicos. También se puede usar como un ayudante de la floculación. Debido a su alta densidad, ayuda a formar los núcleos de los flóculos.

Dosificación

Por lo general, el CAP se entrega en bolsas de 3 kg (5 libras). Se puede dosificar en forma seca o como una pasta aguada. El método más común de aplicación es el uso de dosificadores especiales de sustancias químicas secas donde se mezcla en una pasta aguada que contiene aproximadamente 100 g/L (1 libra/galón). Luego, esta solución se dosifica en el flujo de la planta. Dado que el CAP se puede aplicar con un dosificador de sustancias químicas, es más efectivo que el CAG cuando la concentración de sustancias orgánicas varía.

Manejo

El CAP requiere un manejo y almacenamiento especial. Debido a las grandes cantidades de polvo fino producido por el CAP, es sumamente combustible y explosivo.

Tiempo de contacto

La capacidad del CAP para cumplir su función se basa en el tiempo de contacto y la concentración. Sin embargo, lo más importante es el tiempo de contacto. Dado que el CAP absorbe cloro, éste pierde su efectividad si se lo dosifica inmediatamente después de la introducción de cloro.

CAG

Efectividad

Para lograr mejores resultados en la reducción del sabor y olor y en la absorción de precursores de THM, el CAP se debe dosificar al agua cruda en el extremo frontal de la planta antes de la introducción de Cl_2 , con una menor dosis antes de la filtración.

Carbón activado granular (CAG): Este material varía de 1,2 a 1,6 mm de diámetro. Un gramo de CAG tiene entre 650 a 1150 metros cuadrados de área superficial y pesa aproximadamente 0,42 a 0,48 g/cm^3 (26 a 30 libras por pies cúbicos).

Uso

El CAG se usa principalmente para remover compuestos orgánicos que pueden estar asociados a la producción de sabor y olor y previenen la formación de THM cuando la concentración de sustancias orgánicas es constante.

Tamaños de la bolsa

El CAG se presenta en bolsas de 30 kg (60 libras) o a granel. Se usa como un medio filtrante o se coloca en columnas denominadas lechos de contacto.

Colocación en el filtro

Cuando se coloca en un filtro, el CAG debe tener un mínimo de 0,60 m (24 pulgadas) de profundidad. La colocación del CAG en un filtro típico puede mejorar la remoción de turbiedad. La tasa común de filtración para un filtro de CAG es $130 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ (2 gpm/pie^2). La expectativa de vida de los filtros de CAG varía desde tres años para la remoción de sabor y olor hasta poco menos de un mes para la remoción de THM.

Lechos de contacto

Los lechos de contacto de CAG tienen por lo menos 0,90 metros (3 pies) de profundidad. Los lechos se operan en paralelo, de modo que uno queda de reemplazo mientras se usa el otro. Los lechos de contacto de CAG se usan cuando la expectativa de vida del GAC es de sólo unos pocos meses. Esto hace que sea más fácil cambiar el CAG que el lecho del filtro. Por lo general, los lechos de contacto de CAG se ubican en el sistema después de la filtración.

Riesgos sanitarios de la remoción de sustancias orgánicas

Nota: Los riesgos sanitarios relacionados con los sistemas de dosificación de sustancias químicas también se aplican a esta sección.

Carbón activado

1. ¿Por qué se usa el carbón activado?

Debe existir documentación que sustente su necesidad, como por ejemplo, un estudio de ingeniería o una decisión de la gerencia.

Algunas razones para su uso podrían ser la presencia de sabor y olor, THM o la remoción de sustancias orgánicas. En cualquier caso, se requiere de un motivo específico para el uso de carbón activado.

2. ¿Qué proceso se usa?

¿Se usa el proceso de CAP o CAG? Es importante recordar que el CAP es más efectivo cuando varían las concentraciones de lo que se va a remover.

3. ¿Qué prueba se realiza para determinar la efectividad del carbón activado?

La prueba se debe asociar directamente con las razones que determinaron el uso del carbón activado. Puede ser que los sistemas pequeños no realicen pruebas de THM. Sin embargo, si la presencia de THM es lo que generó el uso del carbón activado, deben analizarlos para probar su efectividad. A menudo, se olvida retirar los lechos de CAG que se colocan en el filtro para resolver un problema. Así, los lechos se pueden tornar ineficientes sin que el operador sea consciente de ello.

Si se dosifica CAP

1. ¿Han tenido problemas con el agua negra?

El CAP pasa a través de algunos medios filtrantes, especialmente los filtros a presión.

2. ¿Con qué frecuencia se calibran los dosificadores?

Los dosificadores de CAP se deben calibrar con cada nuevo lote de CAP. La tasa de dosificación se debe verificar con la medición de la producción diaria.

3. ¿Los operadores tienen equipo de seguridad adecuado?

Deben tener máscaras para polvo, gafas de protección selladas y duchas.

4. ¿El CAP se almacena adecuadamente?

El CAP es un polvo explosivo. Su almacenamiento debe incluir un sistema eléctrico a prueba de explosiones y ventilación adecuada.

Cuándo se agrega CAG al filtro

1. ¿El retrolavado es adecuado?

Verifique la presencia de bolas de barro, agrietamiento de la superficie del filtro o compactación.

2. ¿Cuál es la profundidad del CAG?

Debido a que es más ligero que otros medios, se puede perder fácilmente durante el proceso de retrolavado.

Aeración

El proceso

Este proceso se aplica principalmente en las plantas que tratan aguas subterráneas. La aeración es un proceso mediante el cual el aire y el agua entran en contacto el uno con el otro con el propósito de transferir sustancias volátiles de o hacia el agua. La aeración se utiliza para:

- Reducir los compuestos orgánicos volátiles y los componentes que producen olor y sabor, como el sulfuro de hidrógeno.
- Oxidar sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, como el hierro, manganeso y materia orgánica.

Torre de aeración con relleno

Existen muchos tipos de dispositivos de aeración. Entre las opciones disponibles, las torres con relleno se han comenzado a usar ampliamente para reducir las concentraciones de residuos de los COV (compuestos orgánicos volátiles). El objetivo es que un pequeño volumen de agua contaminada con sustancias orgánicas entre en contacto con un gran volumen de aire libre de contaminación. La torre se llena con algún tipo de relleno. El material más común son bolas de plástico del tamaño de una bola de ping-pong.

Flujo de agua y aire

El agua se bombea hacia la parte superior de la torre para que caiga sobre las bolas. El aire se bombea bajo presión en el fondo de la torre. El agua fluye hacia abajo y el aire hacia arriba. Esto se denomina comúnmente como torre de aeración a contracorriente. Del material de relleno caen gotas muy finas de agua en flujo descendente. Esto ayuda a la difusión de gases disueltos en el flujo de aire ascendente.

Relación aire - agua

La relación de aire y agua comúnmente varía desde 20 a 1 hasta 50 a 1 (aire a agua, volumen a volumen).

Problemas

Hay dos problemas importantes asociados a este proceso:

- contaminación del agua con aire contaminado
- infracción de las normas de calidad del aire en los alrededores de la torre (los residuos de la torre contienen un alto nivel de COV).

Riesgos sanitarios de la aeración

1. ¿Qué tipo de sistema de aeración se usa?

Hay diferentes tipos de unidades en uso según la finalidad del tratamiento. El operador debe poder explicar por qué usa el tipo de sistema instalado.

2. ¿Qué parámetros se monitorean para evaluar el rendimiento del proceso?

La evaluación de la eficiencia de la torre es una medida de control que se debe realizar con regularidad. Si no se lleva a cabo, puede ser una indicación de que no funciona de acuerdo con lo esperado. La frecuencia debe satisfacer los requisitos locales y estatales para estas instalaciones. Los inspectores deben comprobar la frecuencia de control con sus propias anotaciones sobre este problema. Las pruebas típicas pueden incluir determinaciones de pH, humedad, COV, olor y color. Cuando una torre de aeración también se usa para reducir olor y sabor, se puede liberar metano. Si ese es el caso, se debe contar con un programa sistemático de prueba para determinar el nivel de metano en el área.

3. ¿Qué tipos de contaminantes se encuentran en los alrededores que podrían ingresar al suministro de aire?

El abastecimiento de agua se puede contaminar si la toma de aire está cerca del área de almacenamiento de cloro o de cal o en un ambiente polvoriento.

4. ¿Qué problemas de operación podrían reducir el rendimiento del aerador?

Los problemas más comunes son boquillas obturadas en el sistema de aire, crecimiento de algas y otros organismos biológicos en los medios, ruptura o falla del ventilador de aire y partición de los flóculos, lo cual causa una elevada transferencia de flóculos a los filtros.

5. Después del tratamiento en el aerador, ¿el efluente se desinfecta adecuadamente antes de la distribución del agua?

La contaminación a través de contaminantes transportados por el aire y el crecimiento biológico en el material de relleno exigen que la desinfección final se practique diligentemente.

6. ¿Cómo se encuentra el interior y exterior del aerador?

Si el inspector no puede examinar minuciosamente el aerador, los registros de mantenimiento son el único método para determinar la condición del equipo.

Ablandamiento del agua

Propósito

El propósito principal del ablandamiento del agua es reducir el contenido de minerales disueltos, en particular calcio y magnesio, para minimizar la formación de incrustaciones.

El ablandamiento del agua dura puede proporcionar beneficios adicionales, tales como:

- control del crecimiento biológico
- mejoramiento del agua para calderas y procesos de enfriamiento
- remoción de trazas de sustancias inorgánicas
- leve remoción de trazas de sustancias orgánicas.

Clasificación de la dureza

DESCRIPCIÓN	DUREZA (mg/L de CaCO ₃)
Blanda	0 - 75
Moderada	75 - 150
Dura	150 - 300
Muy dura	más de 300

El ablandamiento del agua también puede tener los siguientes resultados negativos:

El pH del efluente de una instalación de ablandamiento por el método de cal sodada es aproximadamente 8,9. Con un pH de 7,5, sólo la mitad del cloro residual es ácido hipocloroso. Con un pH de 8,9, se reduce hasta aproximadamente 5%.

- Esto significa que se reduce la capacidad de desinfección.
- El agua se puede volver agresiva y corroer las tuberías metálicas.
- La disposición de los lodos es un problema.
- Los niveles de THM se pueden incrementar debido a la elevación del pH.

Definiciones relacionadas con el ablandamiento

Dureza

Una característica del agua causada principalmente por las sales de calcio y magnesio, tales como los bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos.

Dureza por calcio

Dureza causada por iones de calcio (Ca²⁺).

Dureza por magnesio

Dureza causada por iones de magnesio (Mg²⁺).

Dureza total

Suma de la dureza causada por el calcio y magnesio.

Dureza de carbonatos

Dureza causada por la alcalinidad del agua, hasta el nivel de dureza total.

Dureza no carbonatada

Porción de la dureza en exceso de una cantidad igual a la alcalinidad.

Alcalinidad

Capacidad de amortiguación del agua para retrasar el cambio del pH. Es también el resultado analítico de sumar las concentraciones de carbonato, bicarbonato, hidróxido y en ocasiones bicarbonato, silicato y fosfato y comúnmente se expresa como una concentración equivalente de carbonato de calcio.

Equivalente de carbonato de calcio (CaCO_3): expresión de la concentración de los constituyentes específicos en el agua en términos de su valor equivalente de carbonato de calcio.

Procesos de ablandamiento

Existen dos procesos comunes de ablandamiento: cal sodada e intercambio iónico. La selección del proceso depende de los costos de operación, efectividad de la operación y costos de construcción.

Ablandamiento con cal sodada

Hay tres procesos comunes de ablandamiento de cal sodada: tratamiento convencional, por exceso de cal y tratamiento fraccionado.

Convencional

(Remoción de dureza por carbonatos)

En el proceso de cal sodada, la cal se usa para remover la dureza por carbonatos a través de la precipitación. El carbonato sódico se dosifica para remover la dureza no carbonatada. Este proceso eleva el pH hasta 10,9. Para reducir el pH y hacer el agua más estable, el flujo se trata con dióxido de carbono en una proceso llamado recarbonatación. La cantidad de cal y carbonato sódico requerida depende de la concentración de la dureza y del tipo de dureza. El proceso convencional de cal sodada se usa sólo cuando hay una pequeña cantidad de dureza por manganeso.

Tratamiento por exceso de cal

El proceso por exceso de cal se usa cuando la dureza del manganeso está por debajo de 40 mg/l (CaCO_3). Bajo estas condiciones, el hidróxido de manganeso se depositará en los calentadores de agua domésticos. El próximo paso es aplicar una cantidad “excesiva” de cal en una unidad de contacto con suficiente cal para aumentar el nivel de pH por encima de 10,8. Luego se produce la recarbonatación. La recarbonatación debe ser tal, que el pH no descienda por debajo de 9,5. Luego, se agrega carbonato sódico a una segunda unidad de contacto y se continúa con la recarbonatación para reducir el pH a 8,6. Las etapas finales son la filtración y desinfección.

Proceso de tratamiento fraccionado Este proceso es una adaptación del proceso de cal por exceso. Una porción de agua se trata y se agrega al agua cruda para diluirla a los niveles de dureza deseados. Este proceso reduce la cantidad de sustancias químicas requeridas para ablandar el agua y, por lo tanto, reduce los costos de operación.

Ablandamiento por intercambio de iones

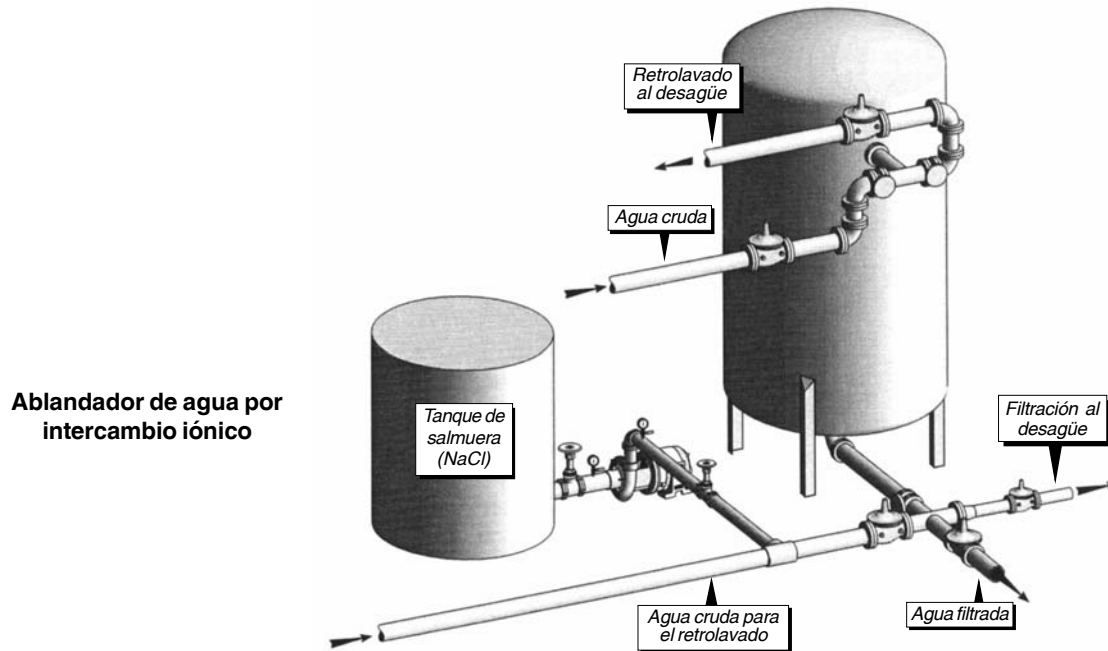
El ablandamiento por intercambio iónico se usa principalmente en pequeñas plantas de aguas subterráneas y en las viviendas. Están compuestos de un compartimento presurizado similar a un filtro de presión.

El recipiente se llena principalmente con una resina similar a un medio filtrante. La resina retiene un exceso de iones de sodio. Esos iones de sodio se intercambian por iones de calcio y magnesio en el flujo que pasa por la planta. Una vez que se usan todos los iones de sodio, la resina se regenera con una solución de salmuera, la que remueve el exceso de calcio y magnesio y reinstala los iones de sodio.

Resultados La dureza del efluente de este tipo de instalación es cero o casi cero.

Zeolitas Las resinas comunes para el intercambio iónico incluyen las zeolitas sintéticas y polímeros orgánicos (resinas de poliestireno).

Aspectos del tratamiento Cualquier agua que se trate a través del proceso de intercambio iónico debe estar relativamente libre de partículas para prevenir la colmatación del medio y los consiguientes problemas de operación. Si existen altos niveles de hierro, manganeso u otros metales pesados, se



pueden producir problemas con las resinas del intercambio iónico debido a la adhesión permanente al medio, lo cual reduciría la capacidad de intercambio.

Un problema en la operación de un sistema de intercambio iónico es la disposición de salmuera para la regeneración del medio. La descarga adecuada de esta agua de alta salinidad debe estar reglamentada con estrictos límites permisibles.

Riesgos sanitarios del ablandamiento

Nota: Los riesgos sanitarios relacionados con los sistemas de dosificación de sustancias químicas también se aplican en esta sección.

Proceso con cal sodada

1. ¿Cuáles son las metas del tratamiento?

El personal debe tener metas de calidad del agua tratada con respecto al pH, dureza, etc. Es importante que todo el personal comprenda esas metas para obtener un rendimiento óptimo de las plantas.

2. ¿La planta realiza pruebas adecuadas para controlar los procesos?

En cada etapa del proceso se deben incluir por lo menos las siguientes pruebas para controlar los procesos:

- alcalinidad
- dureza
- pH
- dióxido de carbono.

3. ¿La planta hace un seguimiento de las sustancias químicas usadas?

Se debe monitorear cuidadosamente el uso de algunas sustancias químicas que pueden tener funciones conflictivas. Por ejemplo, un nivel alto de pH al final podría causar problemas de desinfección.

Intercambio iónico

1. ¿Cuáles son las metas del tratamiento?

Este proceso de tratamiento puede reducir la dureza a un nivel muy bajo, lo que podría dar lugar a una agua agresiva que generaría problemas de plomo y cobre en el sistema de distribución. Los operadores deben comprender que sus metas de tratamiento podrían ocasionar posibles problemas.

2. ¿Cuáles son las condiciones del equipo?

La condición del medio es importante y se debe monitorear para asegurar que no ocurra la colmatación ya que podría afectar la eficiencia del proceso. Asimismo, la condición general de las unidades de filtración y las válvulas es importante para una operación adecuada.

3. ¿Cuál es el conocimiento del operador sobre el proceso de ablandamiento?

La química del ablandamiento es generalmente más complicada que la de otros procesos de tratamiento; por consiguiente, no siempre se comprende bien. Los operadores necesitan comprender el proceso de ablandamiento para poder manejar los problemas cuando estos aparezcan.

Tratamiento especial

Ósmosis inversa

Principio de la ósmosis inversa

Uso

La ósmosis inversa (OI) es un proceso para remover minerales del agua salada, agua salobre y agua con altas concentraciones de sólidos disueltos totales (SDT). Este proceso se puede usar para tratar aguas con 100 a 8.000 mg/L de SDT. Su eficiencia de remoción varía de entre un máximo de 90% para la mayoría de SDT a un mínimo de 40% en caso del mercurio.

Proceso de ósmosis

Cuando una solución que tiene una alta concentración de SDT se separa de otra solución de baja concentración de SDT por medio de una membrana semipermeable, el líquido fluye de la solución diluida a la concentrada. Este proceso se denomina ósmosis. La presión que genera la diferencia de concentración de los dos fluidos se conoce como **presión osmótica**.

Proceso de ósmosis inversa

El proceso se invierte al aplicar presión en la solución concentrada y forzar el retorno del líquido a través de la membrana. La membrana remueve (rechaza) los SDT en la solución concentrada y convierte el agua salobre en fresca. Este proceso se denomina **ósmosis inversa**.

Equipo

Una planta típica de OI consta de:

Bomba

Una bomba de alta presión (2,5 a 3,5 kgf/cm²) (350 a 500 libras por pulgada cuadrada).

Membrana

Generalmente, la membrana está hecha de acetato celulósico. Hay tres tipos comunes de membranas:

- espiral
- recipiente a presión
- fibra porosa.

Por lo general, estas membranas tienen un grosor de 100 μ . Un lado de la membrana tiene una capa densa de aproximadamente 0,2 μ de ancho que sirve para rechazar los minerales. El resto de la membrana está formado por una masa esponjosa y porosa.

Dosificador de ácido

Una bomba dosificadora de ácido controla el pH del agua dosificada. Generalmente, se usa ácido sulfúrico. El pH del agua dosificada manualmente se ajusta en 5,5. Este pH bajo reduce la destrucción natural de la membrana (hidrólisis) y retarda la acumulación de carbonato de calcio en ella.

Dosificación para inhibir incrustaciones

Si bien el ajuste del pH controla el nivel de carbonato de calcio, produce un efecto mínimo en el sulfato de calcio. Para controlar el sulfato de calcio, generalmente se dosifica un polifosfato.

Por lo general, se usan dosis de 2 a 5 mg/L de hexametáfosfato de sodio.

Clorador

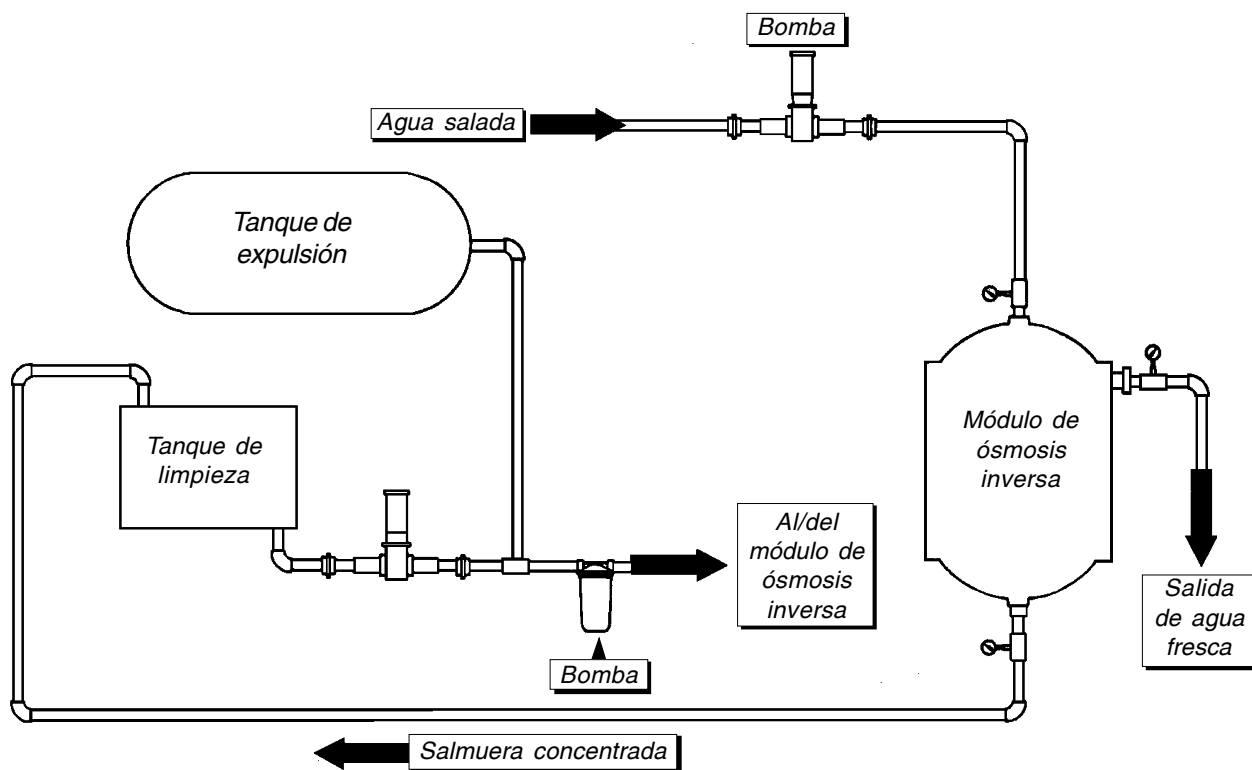
Un clorador produce un residual de cloro de 1 a 2 mg/L en toda la unidad para reducir el crecimiento de bacterias en la membrana.

Limpieza del tanque, bomba y solución

Las soluciones de limpieza más comunes incluyen ácido cítrico, tripolifosfato de sodio, B 13, Tritron X-100 y EDTA.

Rendimiento

La ventaja principal del proceso de OI es su alto porcentaje de rechazo de sólidos disueltos del agua cruda. Esta remoción permite que las aguas contaminadas, salobres y saladas puedan ser usadas como agua potable.



Problemas relacionados con las plantas de OI:

- Costos iniciales y de operación elevados.
- Necesidad de realizar pretratamiento o tratamiento de aguas crudas turbias con ácido y otras sustancias químicas para evitar la colmatación de las membranas con lama, sólidos suspendidos, hierro, manganeso y precipitados de carbonato de calcio e hidróxido de manganeso.
- Necesidad de estabilizar el agua tratada con sustancias químicas para ajustar el pH a fin de evitar la corrosión en el sistema de distribución.
- Disposición de agua residuales.

Riesgos sanitarios de la ósmosis inversa

Observación: Los riesgos sanitarios relacionados con el sistema de dosificación de sustancias químicas también se aplican a esta sección.

1. ¿Qué pruebas de rendimiento se aplican?

La planta debe efectuar determinaciones de SDT, pH, temperatura, turbiedad y alcalinidad.

2. ¿Qué datos de operación se recopilan?

Se debe observar y registrar la presión de succión de la bomba, la presión de descarga y las diferencias de presión en la unidad de OI entre el agua dosificada y el agua tratada. Esas diferencias de presión son claves para determinar las incrustaciones y el crecimiento biológico en la membrana.

3. ¿Qué sustancias químicas se dosifican y en qué dosis?

Las dosis típicas para inhibir las incrustaciones son 1 a 2 mg/L. El cloro residual debe oscilar entre 1 y 2 mg/L. La instalación debe calcular las tasas de dosificación y las dosis de ácido, inhibidor de incrustaciones, cloro y soluciones de limpieza.

4. ¿Los operadores están protegidos adecuadamente?

Debido a que estas unidades requieren dosificar cloro y diversos ácidos, los operadores necesitan guantes de hule, antiparras, respiradores, ducha de seguridad y delantales de hule para mezclar o vaciar los ácidos.

5. ¿Todos los controles automáticos funcionan?

Las instalaciones de OI tienen varios mecanismos de interrupción automática y sistemas de control automático. Este equipo tiende a fallar con frecuencia debido a las presiones elevadas y a la presencia de ácidos. Todos los mecanismos de interrupción automática y alarmas de seguridad deben funcionar adecuadamente.

Fluoruración

Antecedentes

La fluoruración del agua de bebida se usa para reducir la caries dental en los consumidores. La responsabilidad del inspector es centrarse en el riesgo sanitario del sistema, de la misma manera como abordaría el riesgo sanitario de cualquier sistema de dosificación de sustancias químicas en el abastecimiento público de agua.

Inquietudes

Durante los últimos años, dos usuarios de sistemas públicos de agua en los Estados Unidos han muerto como resultado de una sobredosis de fluoruro. Además, los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos han recopilado información sobre siete incidentes de sobredosificación de fluoruro entre 1976 y 1992. A partir de esos incidentes se reportaron 314 enfermedades y dos defunciones. Durante 16 años, la tasa de incidentes ha sido de menos de un caso por 1.000 sistemas que dosifican fluoruro. Aunque los incidentes no son frecuentes ni numerosos, por razones de seguridad del operador, el inspector sanitario debe incluir toda instalación de fluoruración en la inspección.

Esta sección está dividida en tres partes:

- aplicación general de los procesos de fluoruración
- uso de saturadores de fluoruro
- uso de ácido hidrofluosilícico
- uso de silicofluoruro de sodio.

Aplicación general

Definición

La fluoruración es un proceso de tratamiento que incluye la adición de fluoruros a una fuente de agua para obtener una concentración óptima de fluoruro en el agua de bebida.

Sustancias químicas

En la fluoruración del agua de bebida se aplican tres sustancias químicas:

- fluoruro de sodio – polvo seco o cristales (cristalino)
- ácido hidrofluosilícico – líquido
- silicofluoruro de sodio – polvo seco.

La sustancia química más usada en sistemas pequeños es el fluoruro de sodio.

Peligros

El manejo de sustancias químicas que contienen fluoruro, especialmente en polvo, puede tener un efecto de largo plazo sobre la salud del operador. El fluoruro es una sustancia de riesgo que se acumula en el cuerpo. Por ello, es importante que el inspector considere los peligros de seguridad asociados con el manejo de esta sustancia.

Dosificación y residuos

Concentración óptima

La concentración óptima que se recomienda está entre 0,7 y 1,5 mg/L. La concentración óptima depende de la temperatura ambiente, lo que se basa en la suposición de que el incremento de la temperatura ambiente también aumenta el consumo de agua. Sin embargo, la concentración debe permanecer siempre dentro del rango establecido.

Otros estados pueden tener criterios similares. El inspector debe estar familiarizado con los reglamentos locales y estatales para el fluoruro.

Reacción

El fluoruro en una solución de fluoruro de sodio es bastante estable. Por lo tanto, no habrá mucha diferencia entre la dosificación y el residual. La excepción notoria es el calcio. El fluoruro reaccionará con el calcio y reducirá el residual. Esto es significativo cuando la dureza es mayor de 75 mg/L.

Sistema saturador de fluoruro

Instalaciones

Introducción

Los saturadores de flujo ascendente y descendente se usan para dosificar fluoruro de sodio. Los de flujo ascendente son los más usados en sistemas pequeños, donde se produce una solución de fluoruro muy estable que contiene 4% de fluoruro de sodio y 1,73% de ion fluoruro.

Equipo

Estos sistemas son muy sencillos, como se muestra en el siguiente gráfico. El sistema tiene los siguientes componentes básicos:

- tanque saturador con tubos múltiples de distribución en el fondo del tanque y el extremo superior conectado al suministro de agua
- interruptor flotador usado para mantener el nivel de agua en el saturador
- sistema de entrada de agua con un medidor, una válvula solenoide y un rompedor de vacío
- bomba dosificadora de sustancias químicas
- sistema eléctrico con dispositivos de seguridad en caso de fallas.

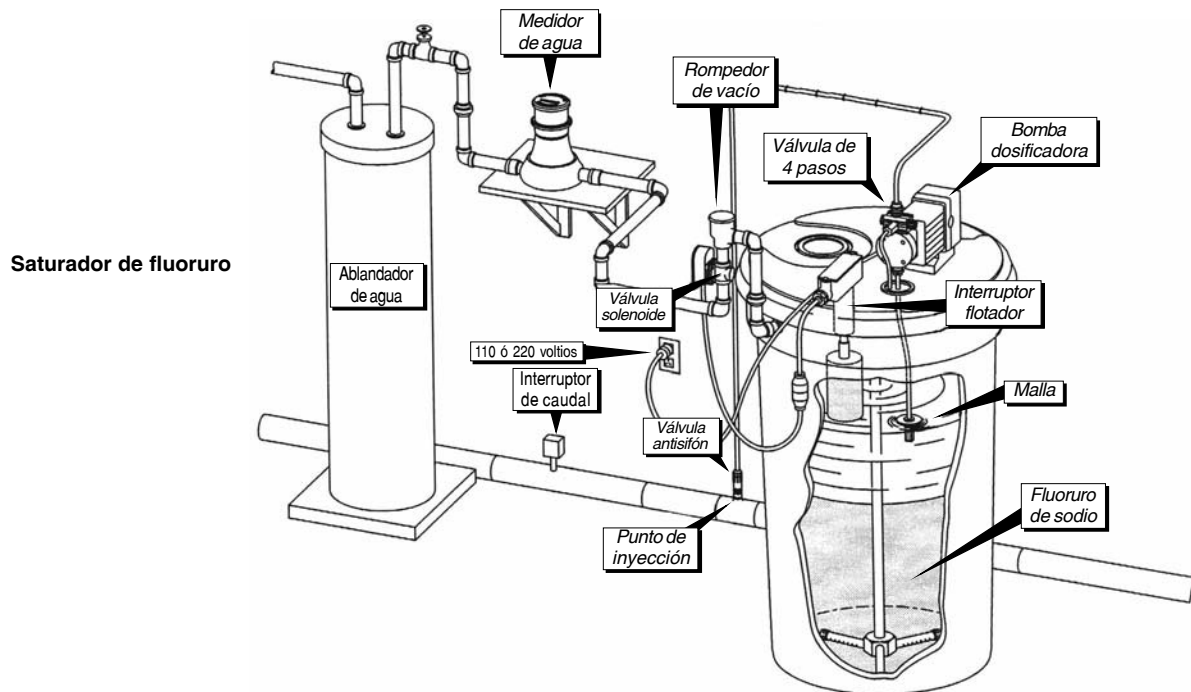
Fluoruro de sodio

El fluoruro de sodio debe tener una pureza mayor de 95%. Puede presentarse en forma cristalina o en polvo. Se prefiere el primero porque en polvo representa un riesgo significativo para la salud del operador, quien requiere un equipo de protección personal adecuado.

Operación

Para operar el saturador, se coloca el fluoruro de sodio en el fondo, se llena el tanque con agua y se deja en reposo durante 2 horas. Pasado ese lapso, la solución

contiene una concentración de fluoruro de sodio de 4% y una concentración de ion fluoruro de 1,73%. A medida que se dosifica el fluoruro, disminuye el nivel de agua en el saturador. Cuando desciende 8 a 10 cm (3 a 4 pulgadas), el interruptor flotador abre la válvula solenoide y envía el agua hacia abajo a través del distribuidor y hacia arriba a través de los cristales de fluoruro. De esta manera se mantiene el nivel en el tanque y se evita que la concentración de la solución cambie significativamente.



La única manera de determinar la cantidad de fluoruro que se debe dosificar diariamente es a partir de lecturas del medidor de agua en el agua de alimentación.

Seguridad en caso de fallas

La bomba dosificadora de sustancias químicas debe estar conectada eléctricamente para dosificar fluoruro sólo cuando circula agua en la tubería.

Corrosión

Las fugas de fluoruro de sodio son una molestia y algo corrosivas, pero no son peligrosas.

Sistema de dosificación de fluoruro en seco

Instalaciones

Introducción

Los dosificadores volumétricos y gravimétricos en seco se usan para dosificar silicofluoruro de sodio o cristales de fluoruro de sodio. Sin embargo, debido a su bajo costo, el silicofluoruro de sodio es el más usado. Por lo general, los sistemas de dosificación en seco se usan cuando el flujo del sistema excede 500 m³/día.

PARA GRÁFICOS Y DESCRIPCIONES DE LOS DOSIFICADORES QUÍMICOS EN SECO, VÉASE LA SECCIÓN SOBRE SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.

Silicofluoruro de sodio

El silicofluoruro de sodio, también conocido como fluosilicato de sodio, en solución de agua forma iones fluoruros. Su pureza es inferior de 98% y puede ser tanto cristalino como en polvo. En polvo representa un riesgo significativo para la salud del operador, quien requiere equipo de protección personal adecuado.

Operación

La sustancia química seca se mide en el tanque de la solución de acuerdo con el caudal del sistema de agua. La solución se dosifica por gravedad al pozo de agua tratada o en un sistema de presión que usa una bomba dosificadora de sustancias químicas.

Sistema de dosificación del ácido hidrofлуosilícico

Instalaciones

Introducción

Los sistemas de dosificación de ácidos son uno de los sistemas de dosificación de fluoruro más sencillos. El sistema dosifica ácido hidrofлуosilícico directamente del tanque provisto por el fabricante.

Equipo

Estos sistemas son muy sencillos como se puede observar en el siguiente gráfico. El sistema tiene los siguientes componentes básicos:

- conjunto de balanzas para determinar la cantidad dosificada
- bomba dosificadora
- sistema eléctrico que incluye dispositivos de seguridad en caso de fallas
- contenedor de derrames.

Ácido hidrofлуosilícico

El ácido hidrofлуosilícico es una solución acuosa, transparente, humeante, corrosiva, con olor acre y produce irritación en la piel. Este ácido representa un riesgo significativo para la salud del operador, quien requiere equipo de protección personal adecuado.

Operación

El sistema de dosificación de ácidos usa una bomba dosificadora con una válvula antisifón para bombear el ácido concentrado directamente al sistema.

Los únicos medios para determinar la cantidad de fluoruro que se debe dosificar cada día es mediante el peso de la solución.

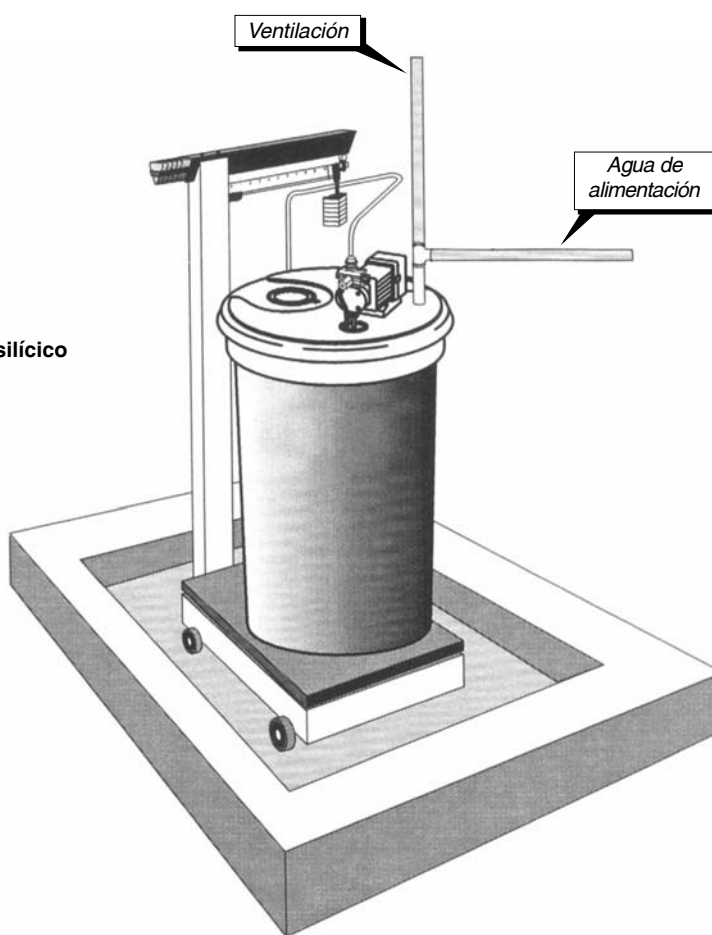
Seguridad en caso de fallas

La bomba dosificadora de sustancias químicas debe estar conectada eléctricamente para dosificar fluoruro sólo cuando circula agua en la tubería.

Corrosión

Las fugas de ácido hidrofúosilícico son muy corrosivas.

Sistema de dosificación del ácido hidrofúosilícico



Riesgos sanitarios - Fluoruración

1. **¿El operador puede responder las preguntas básicas acerca del proceso de fluoruración, incluido lo que se hace, cuándo y por qué se hace?**

Si el operador desconoce el proceso y el equipo, eso puede indicar que las deficiencias del equipo o falta de efectividad del proceso no se puedan resolver en el momento oportuno. La gerencia es responsable de verificar que los operadores estén bien capacitados en el uso y mantenimiento del equipo de fluoruración. La falta de conocimiento de este proceso clave se puede considerar un riesgo significativo para la salud.

2. **¿Hay una concentración adecuada en el sistema de distribución en todo momento?**

Para que el fluoruro sea efectivo, se debe mantener un residual óptimo (entre 0,7 mg/L y 1,5 mg/L), lo que depende de la temperatura ambiente del área y de las normas vigentes. Se supone que a medida que se incrementa la temperatura, se consume más agua.

3. **¿Se monitorean diariamente las concentraciones de fluoruro en el sistema?**

Una de las claves para prevenir la sobredosificación de fluoruro es monitorear la concentración de fluoruros en el sistema.

Si hay fluoruro natural en el agua no tratada, se debe hacer la prueba diariamente. La concentración puede variar cada día, lo cual requerirá ajustes en la dosificación.

4. **¿La concentración de fluoruro varía cada día?**

La variación no debe exceder 0,2 mg/L. Si hay variación, verifique si la prueba se realiza correctamente, a la misma hora y en las mismas condiciones. (¿Las bombas están encendidas o apagadas?, ¿cuál es la concentración de fluoruro en el agua no tratada?, etc.)

5. **¿La prueba se realiza correctamente?**

Hay tres procedimientos de prueba para el fluoruro: el método SPADNS, la prueba de ALIZARINA-VISUAL y el método de electrodo específico. La mayoría de sistemas pequeños usa el método ALIZARINA-VISUAL o SPADNS. Esos métodos están propensos a interferencias del aluminio y polifosfatos, respectivamente. Verifique que el operador conozca el procedimiento adecuado de prueba y que la fecha de los productos químicos no esté vencida. Hay numerosos informes de lecturas falsas de fluoruro debido a productos químicos con fecha de expiración caduca.

6. ¿Cuándo se calibró el instrumento de prueba por última vez?

Se deben realizar ambas pruebas de color contra un estándar como parte del procedimiento rutinario de prueba. Verifique que el operador realiza esa parte de la prueba.

7. ¿Hay un medidor de agua en la alimentación cuando se usa un saturador?

La cantidad de solución de fluoruro que se dosifica cada día sólo se puede determinar al leer el medidor de agua de alimentación en el tanque de dilución. Verifique si la lectura se registra cada día y si la cantidad total de agua usada se calcula diariamente.

8. ¿Con qué frecuencia se limpia el tanque del saturador?

El tanque del saturador de fluoruro se debe desmontar y limpiar una vez al año y remover todos los cristales del compuesto. La limpieza anual y el reemplazo del fluoruro de sodio ayudará a mantener la estabilidad de la solución de fluoruro.

9. ¿Cuál es el nivel de cristales de fluoruro en el tanque?

Con un saturador normal que usa un tanque de 200 litros, el nivel de cristales no debe descender por debajo de 25 cm de altura.

10. ¿Qué método se usa para desechar los antiguos cristales de fluoruro?

El método adecuado es mezclar los cristales de fluoruro con una cantidad equivalente de cal en un balde metálico y dejar la solución en reposo por 24 horas. La reacción generará calor y el material resultante será un bloque sólido de material no reactivo.

11. ¿Hay una balanza para pesar el tanque de la solución en un sistema de ácido líquido?

La cantidad de ácido dosificado sólo se puede determinar al pesar diariamente el tanque de la solución. Verifique si cada día se registra esa lectura y se calcula la cantidad total de fluoruro.

12. ¿Con qué frecuencia se calibran las balanzas?

Dado que la tasa de dosificación sólo se puede determinar por peso, las balanzas se deben calibrar una vez cada año.

13. ¿El sistema eléctrico está conectado a un dispositivo de seguridad en caso de fallas?

Cuando el sistema de dosificación de fluoruro se conecta a una bomba del sistema, se debe usar un sensor de

caudal como seguridad en caso de fallas. La bomba dosificadora de fluoruro no se debe activar hasta que haya agua corriente en la tubería. Sin un sistema de detección de caudal con un dispositivo de seguridad en caso de fallas, es posible que el arrancador del motor de la bomba se enganche y no encienda la bomba. Si la señal que engancha el arrancador de la bomba también enciende la bomba de dosificación de fluoruro, se puede dosificar una solución de fluoruro sumamente concentrada en la tubería, la que puede llegar a un usuario. Se piensa que la falta de este tipo de seguridad ha causado por lo menos una muerte por sobredosis en los Estados Unidos.

Sistemas de distribución

La inspección sanitaria debe evaluar el sistema de distribución de agua para determinar si puede abastecer agua segura, adecuada y confiable. Las tuberías y accesorios del sistema de distribución pueden contribuir al deterioro de la calidad del agua. Además, las técnicas de construcción y reparación exponen al personal y usuarios a diversos riesgos. El inspector debe evaluar cada una de las prácticas de operación, mantenimiento y manejo que influyen en el sistema de distribución para evaluar el riesgo sanitario. Para realizar esa evaluación, el inspector debe cumplir con los siguientes objetivos:

Objetivos del aprendizaje

- Revisar los componentes principales del sistema de distribución de agua, incluidas las tuberías, válvulas, medidores, cajas del medidor e hidrantes para incendios.
- Identificar los requisitos de la recolección de datos para evaluar los riesgos sanitarios del sistema de distribución de agua.
- Describir cómo las normas de selección y el tipo de materiales del sistema de distribución de agua pueden influir en la confiabilidad del sistema y calidad del agua.
- Identificar las normas usadas para seleccionar los componentes del sistema de distribución de agua y describir cómo esas normas protegen la salud pública y la confiabilidad del sistema de distribución.
- Identificar los factores que contribuyen al deterioro de la calidad del agua en un sistema de distribución.
- Identificar la información que se debe incluir en los proyectos del sistema de distribución de agua.
- Describir el monitoreo adecuado de un sistema de distribución de agua.
- Identificar las tareas de operación y mantenimiento necesarias para mantener la integridad del sistema de distribución de agua, tales como la limpieza, etc.
- Describir las prácticas de seguridad para proteger al operador y al público durante la operación, construcción y reparación de los sistemas de distribución.
- Describir los métodos adecuados para la desinfección de tuberías y accesorios nuevos y reparados del sistema de distribución.
- Identificar las limitaciones de diseño y operación con un impacto negativo en la calidad del agua distribuida.
- Identificar las limitaciones de diseño y operación con un impacto negativo en la confiabilidad del sistema de distribución de agua.
- Identificar las técnicas de construcción que pueden influir positivamente en el sistema de distribución.

Recolección de datos

Para evaluar los riesgos sanitarios de un sistema de distribución de agua, el inspector debe recolectar los siguiente datos:

- tipo y cantidad de tuberías
- antigüedad de la tubería
- normas usadas para la construcción del sistema

- presiones máximas y mínimas en las elevaciones altas y bajas del sistema
- número de zonas de presión en el sistema
- presiones máximas y mínimas en cada zona de presión
- método que se usa para separar las zonas de presión
- modelo hidráulico del sistema
- documentación de la aprobación estatal para los cambios e instalación del sistema
- cómo se realizó la construcción (personal interno, contratistas o ambos)
- prueba para el contenido residual del cloro
- procedimiento de notificación a la empresa cuando se daña una tubería principal
- tareas de mantenimiento rutinario por contratistas externos
- si existe el servicio de atención telefónica las 24 horas del día.

Reglamentos y normas

El inspector debe considerar y revisar los siguientes reglamentos vigentes antes de la inspección relacionados con:

- seguridad en la excavación
- entrada a espacios confinados
- desinfección de tuberías de agua
- tipos de tubería del sistema
- normas de construcción
- requisitos del cloro residual
- normas para el plomo y cobre.

Sistemas de distribución

Información básica

Introducción

Parte del incumplimiento de los requerimientos de las normas de agua potable se relacionan directamente con el uso de procedimientos deficientes de operación y mantenimiento en el sistema de distribución o por la presencia de defectos sanitarios en el sistema. Algunas causas que contribuyen a la calidad deficiente del agua son:

- tratamiento insuficiente en el punto de producción
- conexiones cruzadas
- almacenamiento indebidamente protegido en el sistema de distribución
- desinfección inadecuada de las tuberías principales
- construcción insatisfactoria de las tuberías principales, incluidos los empalmes
- proximidad del alcantarillado a las tuberías de agua
- válvulas de alivio de aire, de vacío y de descarga indebidamente construidas, mantenidas o ubicadas
- presiones negativas en el sistema de distribución.

Componentes del sistema de distribución

Introducción

Un sistema típico de distribución de agua puede tener los siguientes componentes:

- tuberías principales
- conexiones de servicios
- válvulas en las tuberías
- válvulas de expulsión
- bocas y cámaras de inspección
- válvulas combinadas de vacío y presión, de descarga de aire y de alivio
- válvulas reductoras de presión (VRP)
- hidrantes para incendios.

Tuberías principales

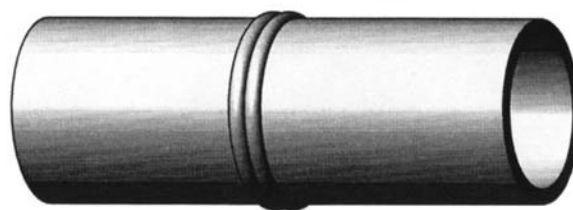
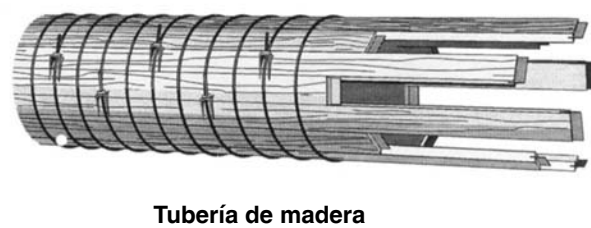
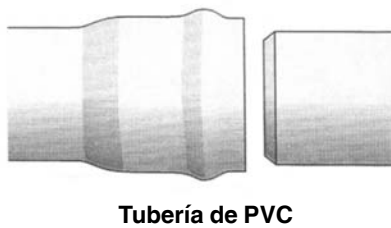
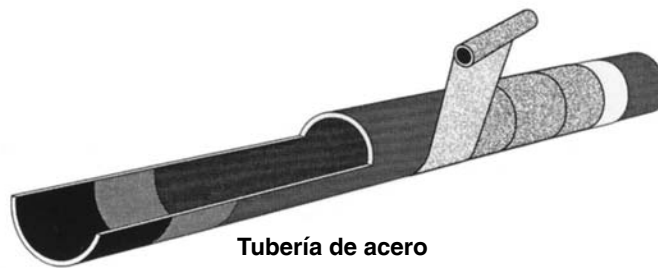
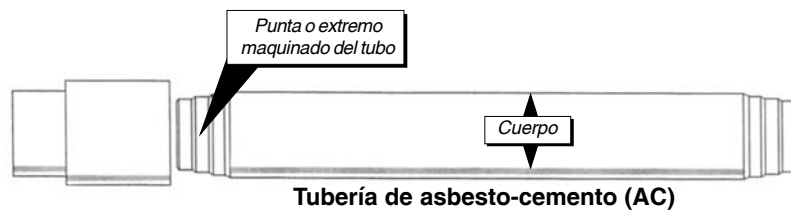
Los materiales de las tuberías principales incluyen:

- hierro fundido gris (HFG)
- hierro fundido dúctil (HFD)
- asbesto-cemento (AC)
- acero
- cloruro de polivinilo (PVC – tubería de presión también denominada C-900)
- madera
- polietileno de alta densidad (PEAD).

Tuberías de servicio

Los materiales típicos de las tuberías de servicio incluyen:

- hierro galvanizado
- cobre
- PEAD
- PVC
- plomo.

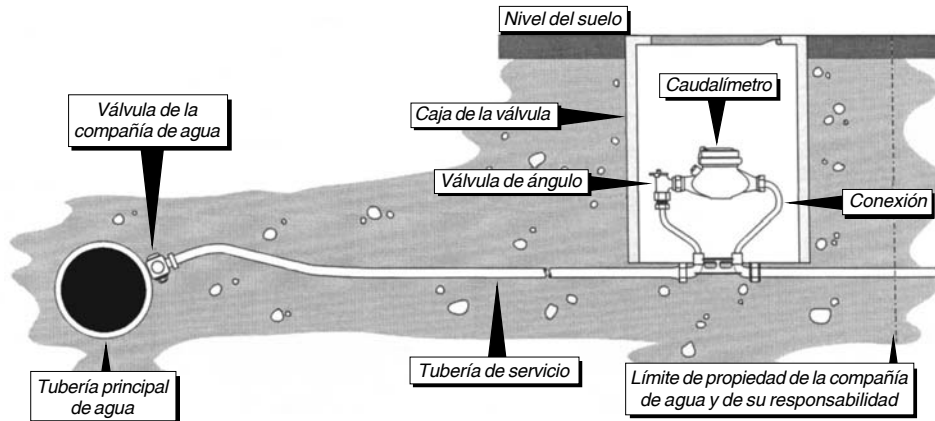


Caudalímetros de servicio

Los caudalímetros o medidores de caudal se usan en dos puntos de los sistemas de distribución:

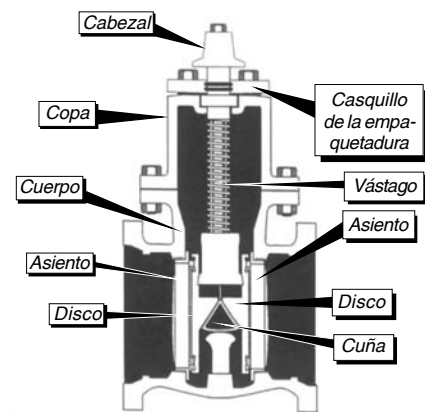
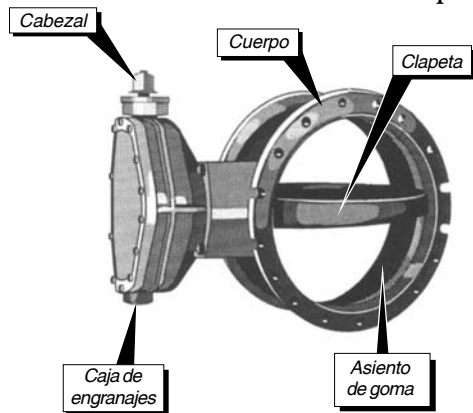
- ingreso a una zona de presión
- conexión del usuario.

Estos medidores se usan para determinar la cantidad de agua no contabilizada e identificar fugas.



Válvulas en la tubería

Las dos válvulas de tuberías más comunes usadas en un sistema de distribución son las válvulas esclusas y las válvulas mariposa. Estas válvulas se usan para aislar partes del sistema durante las reparaciones.

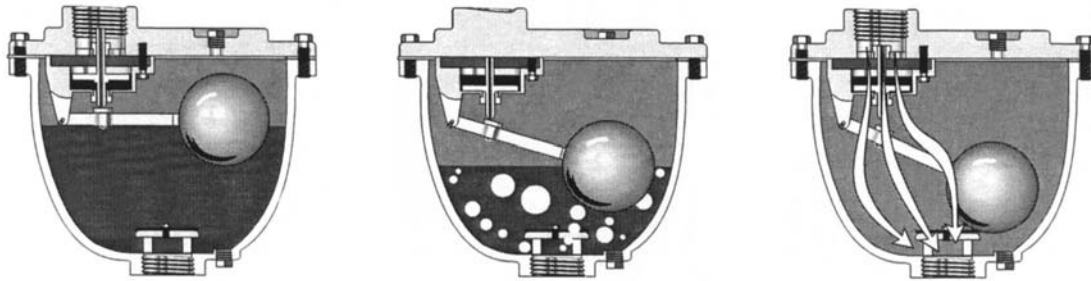


Válvulas de expulsión

Las válvulas de expulsión son válvulas esclusas, de mariposa o de globo instaladas al extremo de las tuberías de extremo cerrado o en otras ubicaciones. Estos tubos se usan en la limpieza del sistema de distribución.

Válvulas de aire

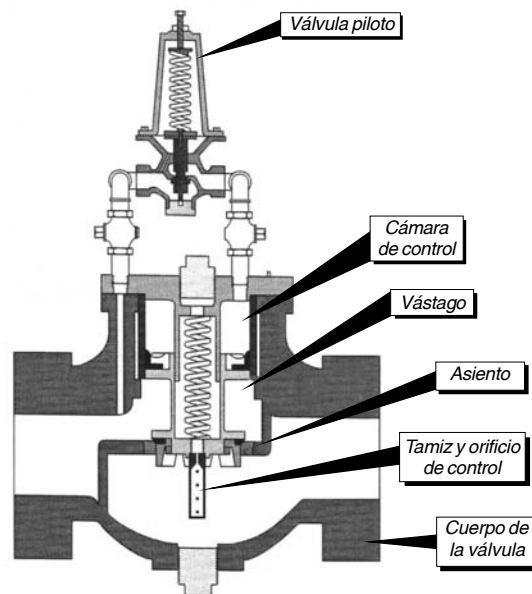
Las válvulas de alivio y descarga de aire y las válvulas combinadas de vacío y presión se usan para remover el aire que se acumula en el sistema de distribución y para quitar el vacío causado por la limpieza de la tubería, rupturas u otras condiciones de caudal alto. El aire acumulado puede causar variación en la presión y caudal del sistema. Los vacíos pueden producir rupturas o fallas en la unión de una tubería y el ingreso de agua subterránea contaminada al sistema.



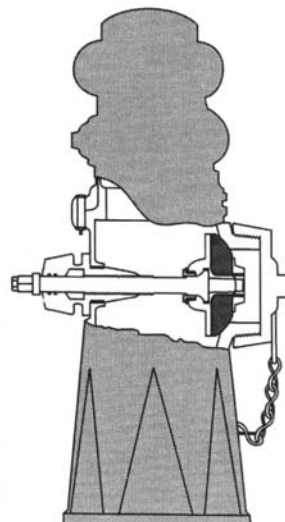
Válvulas de descarga de aire

Control de la presión

Las válvulas reductoras de presión son válvulas de globo instaladas en el sistema para reducir o mantener la presión en una zona específica del sistema de distribución.

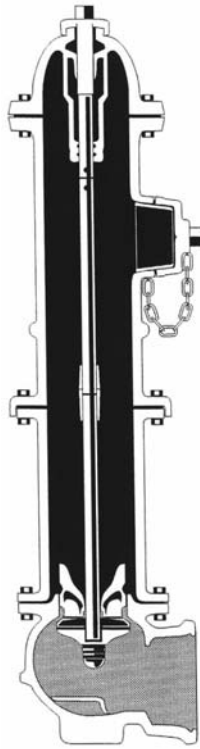


Hidrante para incendio de cámara húmeda



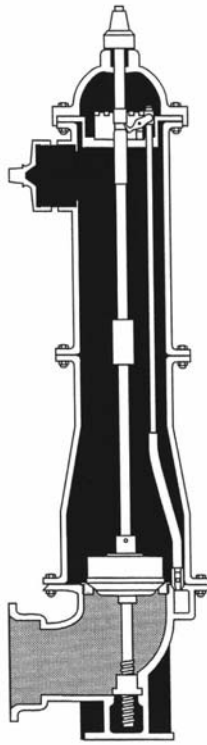
Hidrantes para incendios

Hay dos tipos de hidrantes para incendios: de cámara húmeda y cámara seca. Además, hay cuatro tipos de hidrantes de cámara seca: dos de tipo compresión, derecho/izquierdo y de compuerta deslizante. Además de su uso en la extinción de incendios, los hidrantes se usan para la construcción y limpieza de las tuberías del alcantarillado y del sistema de distribución.

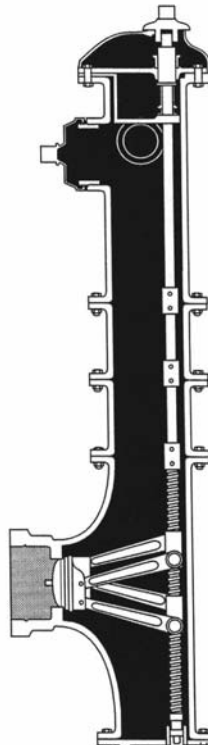


Hidrantes de compresión

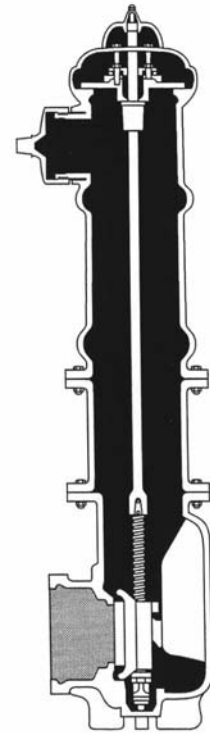
Se abre contra flujo



Se abre con el flujo



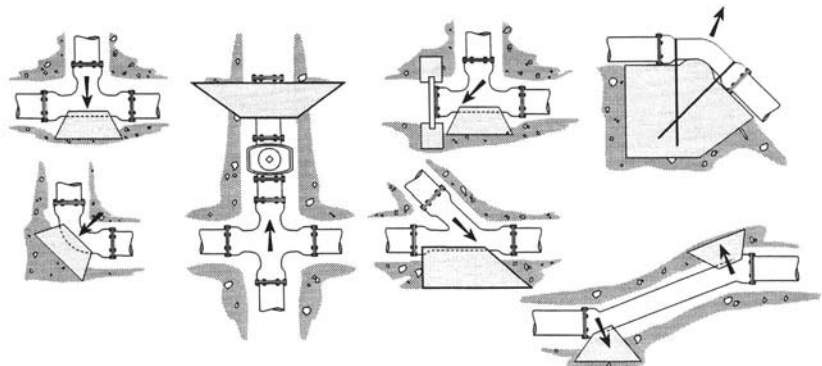
**Hidrante derecho/
izquierdo**



**Hidrante de compuerta
corrediza**

Aspectos de la construcción

Para impedir que las uniones de los accesorios y otros aditamentos se desplacen y causen fugas en los empalmes, se instalan uniones o bloques de anclaje en todos los cambios de dirección y al final de las tuberías de extremo cerrado.



Riesgos sanitarios de los sistemas de distribución

Materiales de las tuberías

1. ¿Qué materiales se usan en las tuberías de distribución?

- ¿El sistema tiene tuberías de PVC de pared delgada?

Este material, por ser delgado, a menudo falla más que las tuberías C-900. Además, este material se debe instalar y rellenar la zanja con relleno taponado a mano para impedir la ruptura debido a cargas externas.

- ¿El sistema tiene tuberías de hierro fundido gris?

Estas tuberías son propensas a rupturas debido a cargas repentinas, internas o externas.

- ¿El sistema tiene tuberías de madera?

La tubería de madera se contamina fácilmente y una vez contaminada, es casi imposible desinfectarla.

- ¿Se usan tuberías de PEAD como tuberías principales o en conexiones del servicio o para ambos casos?

Los productos derivados pueden penetrar en las tuberías de PEAD y otras tuberías de polietileno y polibutileno y contaminar el sistema de agua. Esto puede ocurrir si las tuberías están adyacentes a un reservorio subterráneo de combustible con fugas o si hay derrame de combustible en el suelo por encima de la tubería.

- ¿El sistema tiene tuberías de acero de más de 35 años de antigüedad?

Generalmente, las tuberías de acero tienen una vida de diseño de 35 años. En suelos húmedos o agresivos, pueden deteriorarse en menos tiempo. Las fugas en las tuberías de acero generalmente ocurren por orificios minúsculos. Si hay una gran velocidad a través de la tubería, las aguas subterráneas contaminadas pueden ingresar a través de esos orificios.

- ¿El sistema tiene tuberías de PVC soldadas con solvente de más de 5 cm (2 pulgadas) de diámetro?

La tubería de PVC soldada con solvente y de gran diámetro tiene una mayor tasa de ruptura que la tubería con uniones a presión. Eso se debe a la dilatación y contracción de la tubería por cambios en la temperatura durante la construcción u operación.

- ¿Existen tuberías en “S” (cuello de cisne) de plomo y se usan para las conexiones de servicios? Si así fuese, ¿cuántas hay? ¿Hay planes para removerlas? ¿Cuándo?

Las tuberías en “S” de plomo incrementan los niveles de plomo en el agua tratada. Las normas para plomo y cobre deberían requerir que el sistema cuente con un plan de acción para remover esas conexiones.

Normas para materiales

1. **¿Qué normas se usan para seleccionar los materiales?**

Los componentes del sistema de distribución deben cumplir las normas vigentes. Se debe considerar los efectos corrosivos del agua tratada sobre las tuberías de metal y los posibles efectos toxicológicos sobre los consumidores por la disolución de los metales. Solo se debe usar la tubería plástica aprobada por la reglamentación. Los materiales usados para calafatear las uniones no deben albergar bacterias patógenas y deben estar libres de petróleo, alquitrán o grasa. Los materiales de los empalmes deben satisfacer las especificaciones de la reglamentación.

2. **¿Todos los materiales del sistema se fabrican en conformidad con las normas nacionales?**

El comprador es responsable de solicitar al fabricante o proveedor las pruebas que verifiquen que el material cumple las normas nacionales.

3. **¿Todos los materiales están certificados?**

Véase la respuesta de la pregunta 1.

4. **¿Qué normas de construcción se usan para y en la planta?**

El incumplimiento de las normas de construcción a menudo complica la instalación de tuberías, válvulas, hidrantes, etc., ya que son de diferentes marcas, tipos y materiales. Esto incrementa los costos de materiales y capacitación del trabajador. Debido a esos costos elevados, una planta pequeña puede no contar con todos los materiales adecuados de capacitación y reparación. Además, la falta de normas de construcción puede afectar la calidad de la construcción, lo cual produce rupturas o fallas en los materiales.

5. **¿El sistema tiene sus propias normas de construcción o se han adoptado las de otro organismo?**

Muchas empresas pequeñas adoptan las normas de construcción de una localidad más grande. Como éstas suelen ser estrictas, a menudo no satisfacen las necesidades o posibilidades de la comunidad. Esto puede hacer que los contratistas y el personal pasen por alto esas normas. El resultado es igual a no tener normas.

6. ¿Las normas de construcción cumplen con los requerimientos del estado?

Pueden presentarse problemas en caso de que en la construcción de la planta se hubieran adoptado normas que infringen las normas estatales vigentes. Si se asume que las normas estatales se desarrollaron para brindar el grado más alto de confiabilidad al sistema, las normas de las plantas deben ser compatibles con las normas estatales de construcción.

7. ¿El personal y contratistas internos están obligados a seguir las mismas normas?

En muchos lugares, los métodos de construcción del personal pueden variar de los proporcionados por los contratistas. La falta de uniformidad en los métodos de construcción y en los materiales puede producir problemas de mantenimiento y reparaciones lentas durante emergencias.

8. ¿Los estándares se siguen fielmente?

Observe al conjunto de normas y compárelas con los planes y materiales en almacenamiento. Si no siguen las normas, las técnicas de construcción son sospechosas. Por lo tanto, el sistema puede no ser confiable.

Calidad del agua

1. ¿Existe algún punto en el sistema donde la presión se reduzca por debajo de 1,4 kgf/cm² (20 psi) durante la demanda pico o en casos de incendio?

Las presiones por debajo de 1,4 kgf/cm² (20 psi) representan un riesgo sanitario. Con esa presión baja, es posible el ingreso de agua subterránea contaminada a través de fugas. Además, podría ocurrir un retroflujo debido a la presión negativa.

El sistema se debe diseñar para suministrar cantidades adecuadas de agua bajo una presión alta y prevenir, en la medida de lo posible, condiciones de presión negativa. Los pasos para prevenir la presión negativa incluyen minimizar interrupciones no planificadas, brindar la capacidad adecuada de suministro, corregir problemas de tamaño y seleccionar y ubicar adecuadamente bombas reforzadoras para evitar la ocurrencia de una carga negativa en una tubería sujeta a succión. La continuidad del servicio y el mantenimiento de la presión adecuada en todo el sistema de abastecimiento de agua es esencial para prevenir el retrosifonaje.

El inspector debe determinar si se han registrado quejas debido a una presión inadecuada y si existe un programa para monitorear periódicamente la presión en todo el sistema.

2. Si los manómetros se encuentran en una caseta, ¿el operador puede observar las presiones sin ingresar a la bóveda?

Por lo general, las casetas son espacios confinados. No ingrese sin seguir un procedimiento adecuado para ingresar a espacios confinados, pues constituye un riesgo sanitario. Cualquier daño o lesión que impida al operador realizar las tareas designadas reduce la confiabilidad del sistema.

3. Si existe una caseta, ¿hay algún letrero que la identifique como un espacio confinado? ¿El operador tiene y usa equipo de monitoreo de gases y sigue un procedimiento para ingresar a espacios confinados?

Todos los espacios confinados se deben identificar con un letrero de prevención de daños de color rojo, blanco y negro.

4. Si existen zonas de presión controladas por válvulas automáticas reductoras de presión (VRP), ¿funcionan adecuadamente?

Verifique las presiones aguas arriba y aguas abajo. Si no hay ningún manómetro por encima o por debajo de las VRP, se considera un riesgo sanitario porque el operador no puede determinar si las VRP funcionan

adecuadamente. En ese caso, pídale al operador que abra un hidrante para incendios hacia abajo y observe la reacción de la presión a través de la válvula.

5. Si hay VRP, ¿el operador puede describir cómo funcionan y qué hacen?

La falta de conocimiento del operador acerca de los componentes claves del sistema es un riesgo sanitario. Si hay un problema, la falta de conocimiento sobre el funcionamiento del sistema hace imposible encontrar la solución oportuna al problema. La ruptura de una VRP puede incrementar la presión aguas abajo, lo cual puede dañar las tuberías principales y de servicio.

6. Si una VRP falla, ¿cómo se notificaría a la planta?

Cualquier falla o ruptura en una VRP puede romper una tubería principal o de servicio. La presión baja puede dar lugar a un flujo de presión inversa o retrosifonaje. Mientras más se demore en detectar una falla, más tiempo tomará repararla y, por ende, mayor será la posibilidad de contaminación.

7. ¿El sistema se ha diseñado con tuberías de extremo cerrado?

Las áreas de agua estancada en los sistemas de distribución pueden producir el recrecimiento de bacterias, agua roja y quejas. Esas áreas se deben limpiar con frecuencia y se deben implementar planes de largo alcance para la conexión, si fuesen factibles. Se deben mantener un registro de las quejas y de las medidas correctivas tomadas.

8. ¿Existen varias áreas bajas en el sistema de tuberías?

Las áreas bajas en el sistema de tuberías pueden acumular sedimento y material orgánico, lo que reduciría el efecto cloro residual, aumentaría el crecimiento de bacterias y causaría problemas de olor y sabor. Para mayor información, refiérase al ítem 7.

9. ¿Los reservorios se vacían por lo menos una vez cada 14 días?

El agua retenida en un reservorio durante más de 14 días pueden estancarse y generar quejas debido a su olor y sabor, reducir el cloro residual e incrementar la actividad bacteriológica.

10. Si existe un modelo, ¿ha sido comparado con las condiciones reales? ¿Cuándo se actualizó por última vez? ¿Muestra las condiciones de presión baja?

Los modelos hidráulicos se usan para ayudar al gerente a identificar los puntos de presión baja y el área de abastecimiento inadecuado. Si bien la falta de un modelo hidráulico no se considera un riesgo sanitario, puede

serlo si existen problemas de presión baja y no se han tratado a través de un modelo u otros métodos específicos. Si hay un modelo y no se ha calibrado con datos reales del sistema, no resulta muy útil.

11. ¿Se han instalado dispositivos de prevención de retroflujo y se han probado en cada sitio donde el retroflujo pudiese perjudicar la calidad del agua?

El tema se discute con mayor detalle en la sección sobre conexiones cruzadas. Estos dispositivos son necesarios para prevenir la contaminación del sistema.

12. ¿La tubería de descarga en todas las válvulas de aire se extiende a una distancia adecuada por encima del suelo y del nivel de inundación?

Una fuente de contaminación es la entrada de agua superficial contaminada al sistema de distribución a través de las válvulas de aire.

13. ¿Se identificaron las áreas problema del sistema de distribución en un mapa?

Un mapa u otro sistema de registro para analizar los problemas del sistema es un buen ejemplo del apoyo de la gerencia en la solución de problemas. Si la gerencia no usa un mapa u otro sistema para registrar los problemas del sistema, ¿son conscientes de esos problemas? La falta de conocimiento significa que los problemas no podrán resolverse en el momento oportuno.

Mapas, dibujos y planificación

1. ¿Se cuenta con planos de la obra?

La falta de planos de la obra hace que sea difícil para el personal realizar reparaciones adecuadas en el momento debido.

2. ¿Con qué frecuencia se actualizan los mapas?

Si los dibujos y planos de obra no se actualizan por lo menos una vez al año, no reflejarán las condiciones reales. Los datos incorrectos pueden hacer que los miembros del personal obtengan los materiales equivocados y, por lo tanto, la reparación tomará más tiempo. Si esto sucede muchas veces, el personal puede dejar de usar los planos.

3. ¿Los mapas y planos de obra contienen la información adecuada?

Los mapas y planos deben contener la siguiente información o la información debe estar disponible en algún tipo de base de datos: tamaño de la tubería, fecha de instalación, tipo de material de la tubería, válvula de la tubería y ubicación de la tubería de expulsión, del hidrante para incendios, del tanque de almacenamiento e interconexiones con otros sistemas.

4. ¿Existe un plan maestro que muestre la construcción o reemplazo propuesto de las tuberías?

Para brindar un servicio adecuado y confiable en el presente y en el futuro, los cambios y extensiones del sistema se deben basar en un plan maestro y respetarlo. Si no hay uno, la gerencia por responder a las necesidades del desarrollo urbano, generalmente expande las tuberías a zonas que no se pueden abastecer con una presión adecuada.

Monitoreo de los sistemas de distribución

1. ¿El cloro residual se prueba en el sistema diariamente?

Este es un requisito de muchos reglamentos. El mantenimiento de cloro residual es la última barrera de defensa contra las enfermedades transmitidas por el agua. Este es uno de los elementos claves del control de calidad en la operación de un sistema de agua.

2. ¿El cloro residual es de por lo menos 0,2 mg/L antes del primer usuario?

Este es otro requisito importante y supone que el cloro residual se mantiene después de haber cumplido con los requerimientos de la CT.

3. ¿Se mantiene una traza de cloro residual en todos los puntos del sistema?

Este es un requisito de la reglamentación y una buena práctica de operación. Si hay un punto en el sistema que no tiene cloro residual, la calidad del agua no es confiable.

4. ¿Hay un número suficiente de puntos de muestreo que proporcionen una muestra representativa de las condiciones del sistema?

Los puntos de muestreo se deben establecer de manera que permitan a la empresa monitorear el efecto residual de los desinfectantes en todo el sistema. En los sistemas pequeños hay que rotar varios sitios de muestreo para lograr una visión global del efecto residual.

5. ¿Se usa el reactivo correcto para probar el cloro libre residual?

Verifique los reactivos. Muchas veces los operadores usan accidentalmente los reactivos para el cloro residual total.

6. ¿Se espera el periodo de tiempo necesario antes de leer el cloro libre residual y el combinado?

Para DPD, se debe dejar que el reactivo reaccione con cloro al menos 30 segundos pero no más de un minuto antes de obtener la lectura.

7. ¿Cuándo fue la última vez que se calibró el instrumento de prueba?

Los discos de color tienen una vida de cerca de un año. Además, los espectrofotómetros pueden brindar datos falsos. El espectrofotómetro debe verificarse con un disco de color una vez cada trimestre o cuando el operador sospeche de la exactitud de los datos.

8. ¿La presión del sistema se monitorea en las elevaciones altas y bajas? ¿Se registra esa información?

Para obtener datos representativos acerca de la presión del sistema, se deben medir las elevaciones altas y bajas. Además, los datos se deben registrar con tinta azul. Para mayor información sobre los problemas de presión baja, véase el ítem 1 sobre calidad del agua.

9. ¿Se registran las quejas de los usuarios sobre la calidad del agua?

Muchos estados requieren que la empresa registre la naturaleza y respuesta a todas las quejas sobre calidad del agua. Se debe brindar información sobre la calidad del agua a los usuarios, pues se mejora la relación con ellos. Al registrar y analizar las quejas de los usuarios, un gerente puede prevenir problemas. Muchos usuarios son muy sensibles a los cambios en la calidad del agua y una respuesta positiva a sus problemas es una buena práctica gerencial.

10. ¿Cuál es el porcentaje de agua no contabilizada?

Los grandes volúmenes de agua no contabilizada (por encima de 15%) son un indicador de medidores incorrectos o fugas excesivas. La existencia de caudalímetros inexactos hace que no se pague por toda el agua consumida y, por ende, reducen los ingresos y dificultan el mantenimiento del sistema. Las fracturas en las tuberías y los empalmes deficientes son los puntos de acceso de agua subterránea contaminada al sistema.

Operación y mantenimiento del sistema

1. ¿Cuál es la frecuencia de ruptura o falla de las tuberías?

El mejor número es cero. Sin embargo, las rupturas de las tuberías son parte de los problemas normales de un sistema de agua. Si las rupturas o fallas son frecuentes, puede haber un problema con la integridad del material de la tubería. La frecuencia depende del área y tipo de material de la tubería. Cada ruptura representa una entrada de contaminación al sistema. Por ello, las rupturas frecuentes aumentan el potencial de ingreso de agentes patógenos al sistema.

La mayoría de rupturas no se debe a la antigüedad sino a las fugas. Las fugas afectan la tubería y en consecuencia, las rompen debido a la sobrecarga. Para prevenir rupturas en las tuberías, se debe implementar un programa de detección de fugas y mantener un registro de las reparaciones. Ese registro debe incluir datos sobre la ubicación y tipo de reparación, dispositivo reparado o longitud de la tubería de reemplazo, así como condición general de la tubería.

2. ¿Las rupturas se encuentran principalmente en un área? ¿Qué tipo de tubería se usa?

Si la gerencia tiene este tipo de información, significa que trata de abordar esos problemas antes de que se vuelvan críticos. Esa información debe compararse con el plan maestro para asegurar que sean compatibles.

La falta de esa información puede considerarse una falta de respuesta por parte de la gerencia a las condiciones de deterioro del sistema.

3. ¿Se cuenta con un programa de limpieza de tuberías? ¿Se usa un proceso sistemático unidireccional? ¿Se mantienen registros de la frecuencia, ubicación y tiempo requerido?

Todo el sistema se debe limpiar una o dos veces al año para remover los sedimentos de las tuberías. La limpieza se debe planificar bien y se debe iniciar, de preferencia, en los puntos cercanos a la planta o reservorio de agua y luego continuar con los extremos exteriores. La limpieza se debe realizar a una velocidad mínima de 0,75 m/s. Esto solo se puede lograr al aislar partes del sistema de distribución mediante válvulas de aislamiento para saber la dirección del flujo de agua y garantizar que venga de una sola tubería. Se debe usar un pitómetro para medir la velocidad de caudal en las áreas cuestionables del sistema de distribución al inicio de la limpieza.

4. ¿Se cuenta con un programa de inspección y prueba de la válvula y se mantienen registros?

Todas las válvulas en un sistema se deben inspeccionar y probar anualmente. Ello debe incluir el cerrado completo, abertura y cerrado hasta que la válvula encaje adecuadamente. Las válvulas con fugas u otros daños se deben programar para su reparación. Se debe mantener un registro de O&M de las válvulas, incluidos dirección y número de vueltas para el cierre.

5. ¿Se cuenta con un programa de limpieza de hidrantes separado del programa de limpieza de tuberías?

Los hidrantes mantenidos inadecuadamente pueden ser una fuente de deterioro de la calidad del agua. El agua se puede estancar, consumir cloro, causar un olor y sabor desagradable e incrementar el recuento bacteriológico. La limpieza anual puede prevenir ese problema.

6. ¿La empresa tiene una retroexcavadora? De no ser así, ¿cuánto tiempo le tomaría a un contratista o compañía de alquiler proporcionar una en caso que se requiera? ¿El equipo se puede obtener a altas horas de la noche?

La falta de equipo de reparación, como una retroexcavadora, puede impedir al personal hacer reparaciones en el momento oportuno. Mientras más tiempo permanezca cerrada una parte del sistema a una presión reducida, mayor será la posibilidad de contaminación.

7. ¿Con qué frecuencia se toman las lecturas de presión en el sistema de distribución? ¿Son representativas del sistema?

Este programa se puede realizar en conjunto con el departamento de bomberos para determinar la adecuación del flujo para apagar incendios. Un registro de las presiones y flujos en todo el sistema puede ayudar a identificar los problemas. Si se realizan durante el día y la noche representarán la eficiencia hidráulica bajo requisitos normales.

8. ¿Se cuenta con materiales de reparación adecuados?

Si los materiales de reparación no están disponibles, ¿cuántas horas tomaría obtener estos materiales si se los necesitara a las 2.00 a.m.?

El mínimo material que se debe tener disponible incluiría dos bandas circulares para cada tamaño de tubería, dos acoplamientos de hierro fundido por cada tamaño de tubería, dos bandas de reparación de uniones de tubería de hierro fundido y una tubería de cada tamaño.

9. ¿Existen procedimientos escritos para el aislamiento de partes del sistema y para hacer reparaciones de la tubería?

Los procedimientos escritos de respuesta ante casos de emergencias mejoran la confiabilidad del sistema de agua. En un sistema pequeño, permite manejar problemas inesperados cuando el operador regular no está disponible. Además, brinda al operador un medio para tratar de manera más efectiva las tareas no rutinarias.

10. ¿La empresa mantiene una lista actualizada de usuarios importantes?

La reducción de la presión de agua, la interrupción del servicio o la reducción en la calidad del agua puede tener un impacto grave en algunos usuarios tales como hospitales, consultorios, talleres de revelado de fotos y usuarios del equipo médico especial. Para apoyar a los usuarios y reducir las quejas es importante mantener una lista de esos usuarios y notificarlos cuando haya cambios en el sistema que podrían afectarlos negativamente.

11. ¿La empresa tiene un programa de control de la corrosión?

La empresa debe tener un programa para evaluar la corrosión y la efectividad del control de la corrosión, al igual que un programa para contaminantes como el plomo y las aguas rojas. Se debe mantener un registro de las quejas y de las medidas correctivas al respecto.

Aspectos de seguridad

1. ¿La empresa usa procedimientos de seguridad adecuados para la desinfección de tuberías con sustancias químicas?

Este es un requisito de los organismos encargados de la seguridad industrial y debe incluir un equipo de protección personal (EPP) adecuado (respirador con filtros para cloro y polvo para hipoclorito de calcio, guantes y antiparras para hipoclorito de sodio). Debe haber un procedimiento escrito para el transporte y manejo del cloro. Este procedimiento se debe especificar en la lista del programa de comunicación de riesgos de tareas no rutinarias.

2. ¿Se cuenta con una “persona competente” y capacitada dentro del personal?

Este es un requisito en la mayoría de las reglamentaciones.

3. La “persona competente” evalúa los riesgos del sitio de trabajo y el suelo en cada excavación?

Este es un requisito en la mayoría de las reglamentaciones.

4. ¿Se documenta la evaluación de los peligros de la excavación?

Este es un requisito en la mayoría de las reglamentaciones.

5. ¿La planta tiene y usa equipo de protección para excavaciones?

El equipo de protección para excavaciones se debe usar en cualquier zanja de más de 1.5 m (5 pies) de profundidad. La persona competente debe saber cómo seleccionar el sistema de protección correcto de acuerdo con los resultados de las pruebas en el suelo.

6. ¿El equipo tiene y usa equipo adecuado para el control de tránsito?

Según el MUTCD («Manual of uniform traffic control devices»), publicado por el Federal Highway Administration, todos los letreros temporales deben ser anaranjados y negros y de por lo menos 90 x 90 cm, (36 pulgadas x 36 pulgadas) y las paletas de “pare” y “siga” de 45 cm”. Los conos deben tener 45 cm (18 pulgadas) de alto y debe haber un mínimo de 13 conos para cada sitio de trabajo.

7. ¿Se ha capacitado a todos los trabajadores de campo en el uso de equipo de control de tráfico?

La falta de capacitación es una de las infracciones de seguridad más comunes.

8. ¿Todos los empleados que operan camiones industriales requieren una licencia de conducir comercial?

Este es un requisito de los departamento de transporte que debe ser respetado.

Procedimientos de la desinfección

1. ¿Qué procedimiento de desinfección se usa para las tuberías nuevas?

Se debe seguir el procedimiento de la norma vigente para la desinfección de tuberías de agua. (25 mg/L de cloro que no debe disminuir por debajo de 10 mg/l después de 24 horas). El inspector debe preguntar al operador qué procedimientos se usan. El factor determinante es que las nuevas tuberías muestren resultados bacteriológicos negativos antes de ponerse en servicio.

2. ¿Este procedimiento cumple con la norma establecida?

Hay varios métodos que utilizan distintas fuentes de cloro activo; el menos confiable es el uso de las tabletas de cloro.

3. ¿Qué procedimiento de desinfección se usa durante la reparación de tuberías rotas?

Una práctica industrial común es desinfectar todos los repuestos y cualquier tubería contaminada con hipoclorito de sodio. (En la mayoría de los casos, se desinfecta cuando la tubería reparada debe ponerse nuevamente en servicio antes de determinar la calidad bacteriológica del agua debido a riesgos sanitarios y control de conexiones cruzadas).

Limitaciones del diseño y operación que influyen en la calidad del agua

1. ¿Todas las tuberías de agua se interconectan o hay tuberías de extremo cerrado?

Las tuberías de extremo reducen la calidad del agua. Cuando la tubería es de extremo cerrado porque se prevé una ampliación futura, es aconsejable diseñar un tipo de interconexión temporal o limpiar frecuentemente la tubería.

2. ¿Existen cuellos de botella en el sistema de tuberías (una tubería de pequeño diámetro conectada en ambos extremos a una tubería de gran diámetro)?

Los cuellos de botella incrementan la velocidad, lo cual puede causar un efecto Venturi y permitir el ingreso de agua contaminada al sistema por las fugas en los cuellos de botella.

Limitaciones del diseño y operación que influyen en la confiabilidad

1. El sistema se interconecta con otros sistemas de agua?

Una interconexión con un segundo sistema de agua puede proporcionar una fuente alterna en caso de sequía, contaminación de la fuente primaria o alguna emergencia similar.

2. ¿El sistema tiene válvulas adecuadas?

El sistema debe contar con suficientes válvulas de aislamiento y válvulas de expulsión para hacer las reparaciones necesarias sin interrumpir el servicio en cualquier área apreciable.

Aspectos de la construcción

1. ¿Se usan bloques de amarre de concreto en todos los codos, tuberías T y de extremo cerrado?

Los bloques de amarre de concreto se deben usar para restringir todos los accesorios, codos, tuberías T y de extremo cerrado.

2. ¿Se siguen procedimientos adecuados de empaque y relleno en las tuberías nuevas o reparadas?

El empaque y relleno protegen la tubería de daños externos. En las tuberías de PVC, también soportan las paredes de la tubería y la protegen de cualquier daño y de quebrarse longitudinalmente.

3. ¿Se realizan pruebas de presión y fugas en la construcción de tuberías nuevas?

La prueba de presión verifica la integridad del material de la tubería. La prueba de fugas verifica la integridad de las uniones de la tubería.

4. ¿Las tuberías de hierro fundido y acero se protegen de la corrosión externa?

Las bolsas de polietileno colocadas sobre la tubería de hierro fundido son el mejor método para protegerlas de la corrosión externa y, por lo tanto, prolongan su vida.

La tubería de acero se protege con una variedad de revestimientos externos.

Conexiones cruzadas

Las conexiones cruzadas en los sistemas de agua representan un riesgo sanitario significativo que amenaza la calidad del agua de bebida y la salud pública. Durante la inspección sanitaria, se debe evaluar primero la adecuación del programa de control de conexiones cruzadas del sistema. En segundo lugar, se debe identificar las conexiones cruzadas pertenecientes o controladas por el sistema de agua en las plantas de tratamiento y el sistema de distribución. Para realizar esas evaluaciones, el inspector debe alcanzar los siguientes objetivos.

Objetivos del aprendizaje

Al final de este capítulo, los alumnos deberán ser capaces de:

- Definir el término conexión cruzada y reconocer las conexiones cruzadas comunes.
- Diferenciar los dos tipos de contracorriente que pueden ocurrir debido a conexiones cruzadas, la contrapresión y el retrosifonaje.
- Determinar si se mantiene la presión adecuada en el sistema de distribución.
- Identificar los dispositivos para prevenir la contaminación, explicar su operación y determinar si se han instalado adecuadamente.
- Evaluar el programa de control de conexiones cruzadas del sistema de agua y su implementación.
- Identificar las conexiones cruzadas no protegidas dentro del sistema de agua, incluidas las de la planta de tratamiento, estación de bombeo o sistema de distribución.
- Según el grado de peligro, determinar si los dispositivos adecuados de prevención de contracorrientes se usan, prueban y mantienen adecuadamente.

Recolección de datos

Para evaluar si el sistema cumple con un programa efectivo, el inspector debe revisar la siguiente información:

- programa de control de conexiones cruzadas del sistema
- número y tipo de dispositivos de prevención de contracorrientes en el sistema
- frecuencia de prueba de los dispositivos de prevención de contracorrientes
- calificación de las personas autorizados para probar los dispositivos
- número de planes para la construcción de nuevas edificaciones que hayan sido revisadas (si hubo ampliaciones).

Reglamentos y normas

Antes de la inspección, el inspector debe considerar o examinar los requisitos estatales de la reglamentación para conexiones cruzadas.

Conexiones cruzadas

Información básica

Definición de conexión cruzada

Para prevenir la contaminación, el sistema de agua debe tener conexiones de servicio adecuadas y debe monitorearlas periódicamente para evitar el peligro de las conexiones cruzadas. **Una conexión cruzada es una conexión física real o potencial entre dos o más sistemas, uno de ellos porta agua de bebida y el otro, contaminantes, La existencia de esa conexión cruzada puede permitir el libre flujo entre los sistemas.** El peligro se presenta cuando un contaminante fluye hacia el suministro de agua de bebida. A menos que se controlen, las conexiones cruzadas pueden reemplazar el agua potable por agua contaminada en varios sitios del sistema. Existe la posibilidad de contaminar el sistema de distribución y poner en riesgo la salud de la comunidad.

Defectos en las instalaciones sanitarias

Los defectos de las instalaciones sanitarias pueden ocurrir en cualquier parte del sistema y los peligros de las conexiones cruzadas se pueden presentar cuando la presión del agua externa sobrepasa la presión del agua potable. Las conexiones cruzadas se deben prevenir o controlar en todos los puntos de servicio. Por lo general, la planta de tratamiento de agua presenta numerosas conexiones cruzadas.

Tipos de conexiones cruzadas

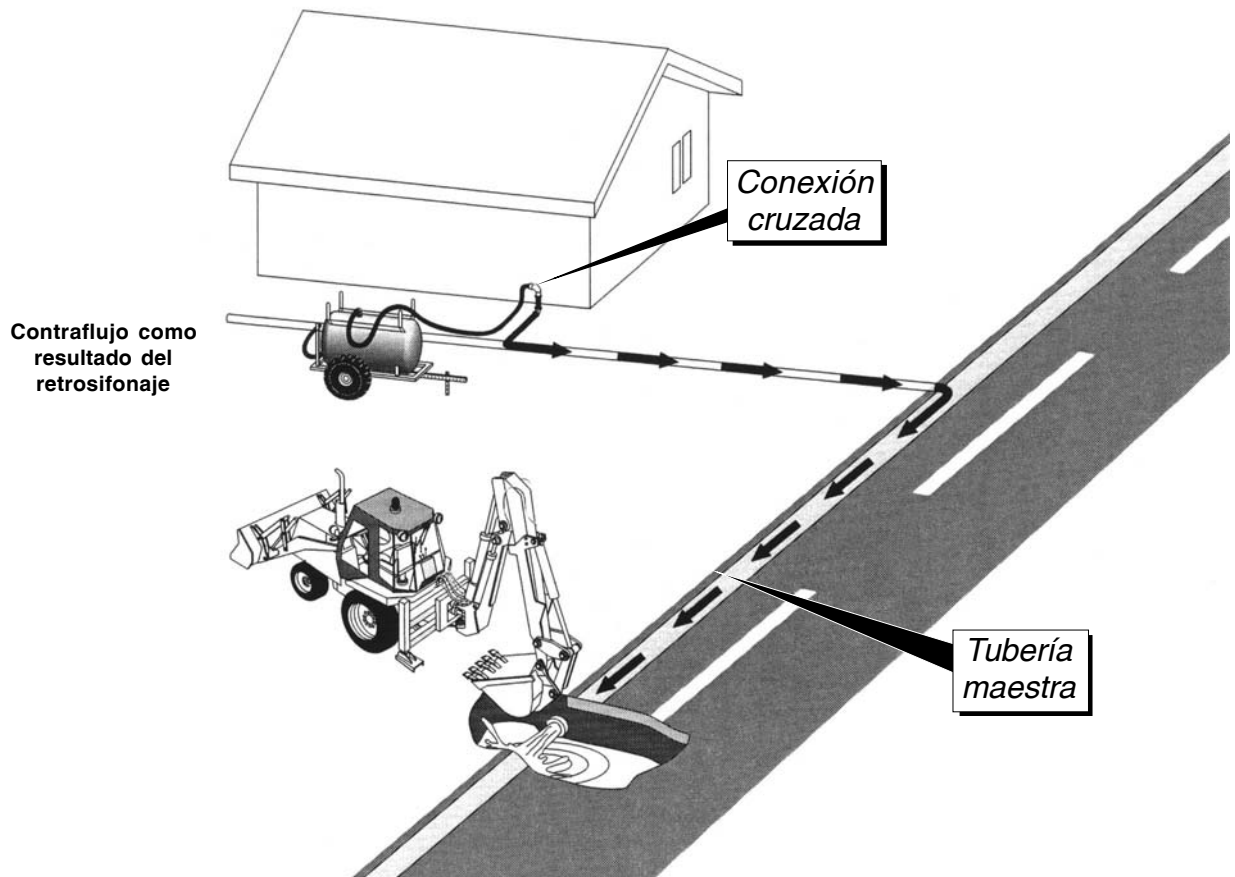
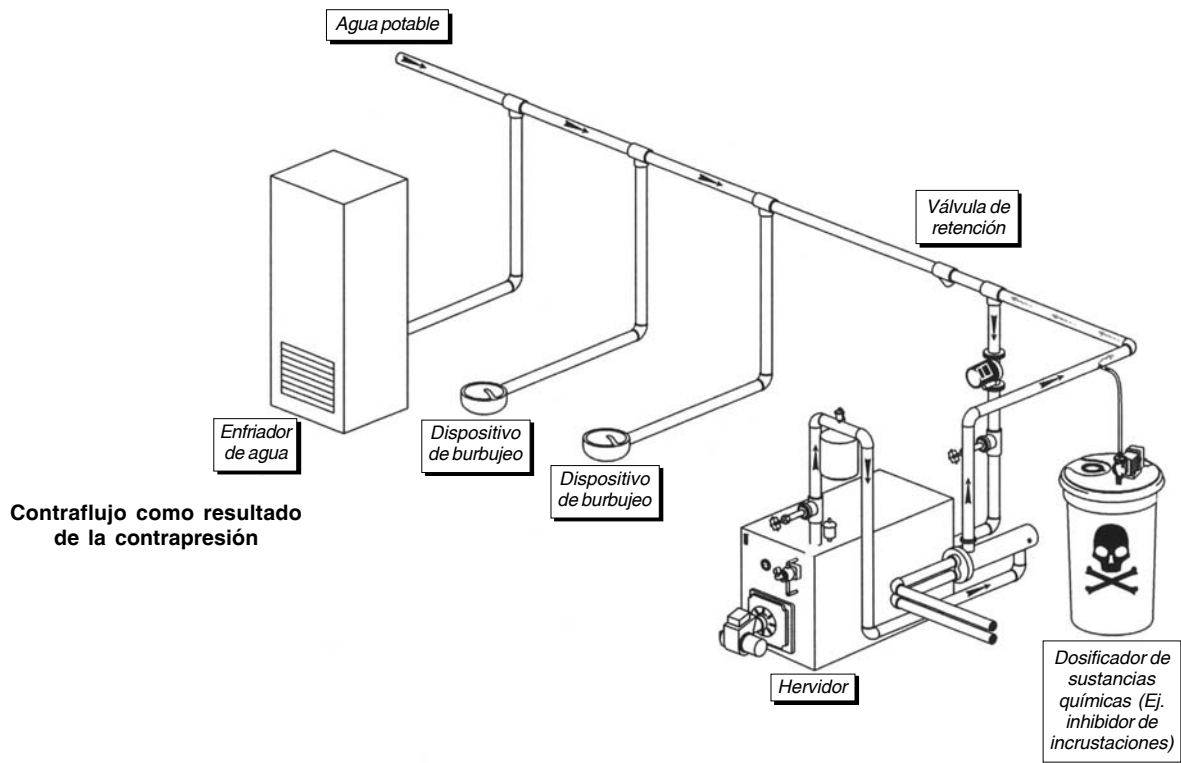
Puede haber una conexión cruzada de tubería a tubería, cuando la tubería de agua potable y la de agua contaminada se empalman sin válvulas de control adecuadas. El otro tipo ocurre cuando el extremo de una tubería de agua potable está sumergido en agua contaminada. Generalmente, las conexiones cruzadas no son intencionales y se producen porque se desconoce o subestima sus peligros.

Contrapresión y retrosifonaje

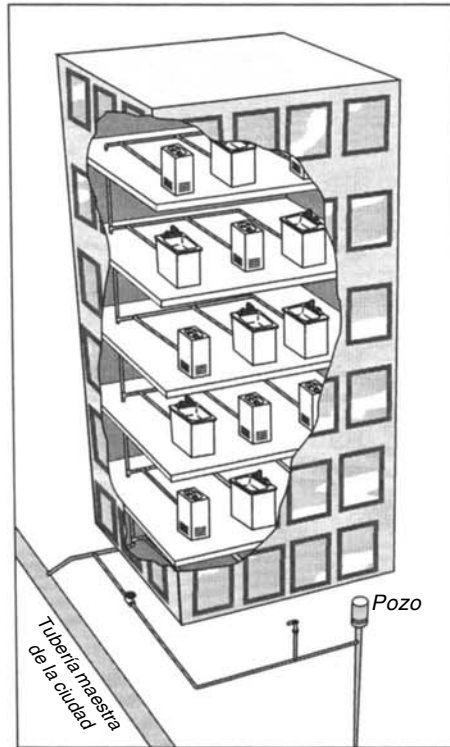
Los dos peligros principales de las conexiones cruzadas se distinguen por su origen y son la contracorriente por contrapresión y contracorriente por retrosifonaje.

La contracorriente por **contrapresión** es el caudal de agua que fluye hacia un punto de servicio de agua potable cuando la presión del agua contaminada es mayor que la del agua potable. El agua contaminada ingresa por presión en el flujo de agua potable.

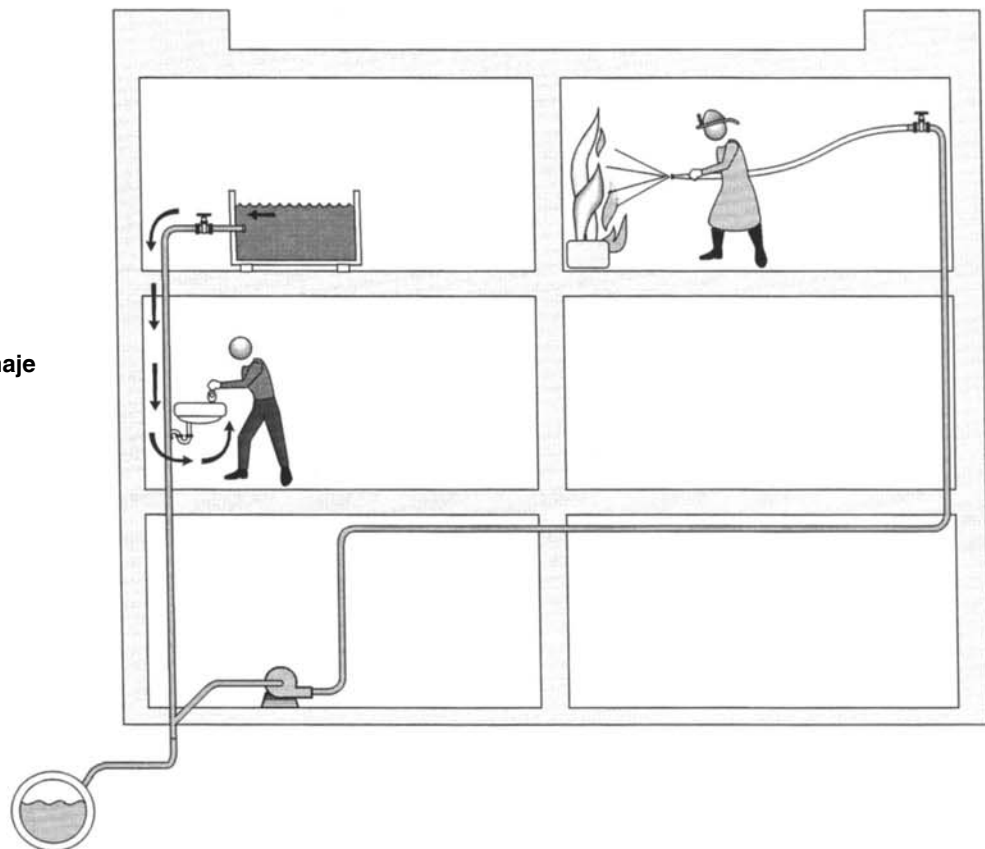
La contracorriente por **retrosifonaje** resulta de la presión negativa (por un vacío) en las tuberías de distribución del agua de bebida. El agua contaminada es succionada hacia el agua potable.



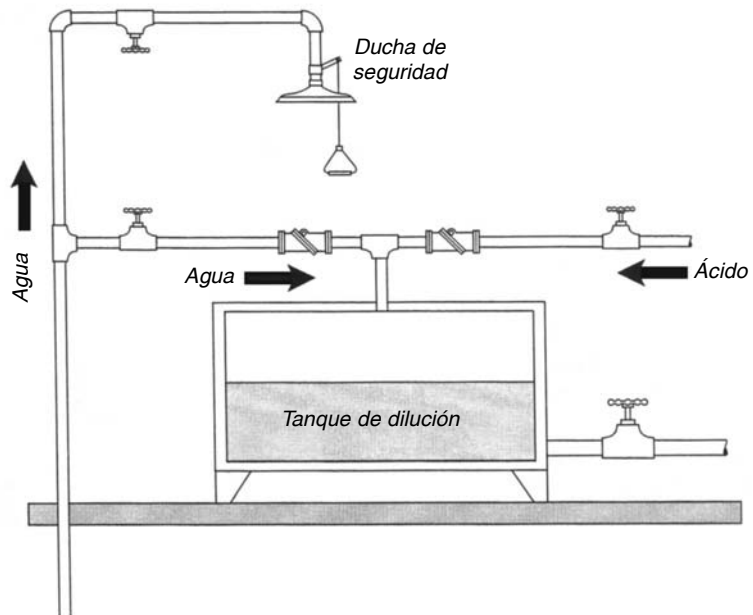
Contraflujo como resultado de la carga hidráulica



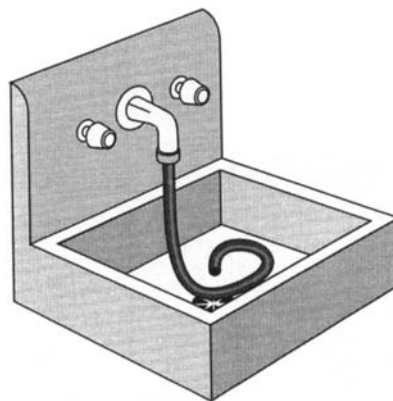
Contraflujo como resultado del retrosifonaje



Conexión cruzada directa



Conexión cruzada indirecta



Control de conexiones cruzadas

El control óptimo de los peligros de las conexiones cruzadas depende no sólo de la detección de las mismas por parte de la administración y de los usuarios, sino también de un programa obligatorio de control de conexiones cruzadas. Si una comunidad sigue un código moderno de instalaciones sanitarias, sus disposiciones deben incluir el control de contracorrientes y conexiones cruzadas. Sin embargo, el sistema de agua debe tener la facultad de realizar un programa de inspección en la comunidad por medio de una ordenanza municipal u otros medios y un programa integral de control.

Componentes del programa de control de conexiones cruzadas del sistema de agua

Un programa de control de conexiones cruzadas debe tener los siguientes componentes básicos:

- ordenanza de la municipalidad o de otra autoridad para el establecimiento del programa
- disposiciones técnicas relacionadas con la eliminación de conexiones cruzadas
- permiso para ingresar e inspeccionar las instalaciones atendidas por el sistema
- control de pruebas, reparaciones y registro de los dispositivos de prevención de contracorrientes
- certificación del personal que prueba los dispositivos de prevención de contracorrientes
- revisión del plan en caso de construcciones nuevas para garantizar la ausencia de conexiones cruzadas
- sanciones en caso de infracciones.

Protección contra los peligros sanitarios de las conexiones cruzadas

Las conexiones cruzadas que se presentan en los lugares atendidos por el sistema de agua se pueden controlar en el sitio mismo. Por ejemplo, una boca sumergida de salida de agua en un edificio de departamentos puede producir la contaminación del agua de todo el edificio (y amenazar el suministro de agua de todo el sistema), si la presión del agua contaminada es mayor que la del agua potable.

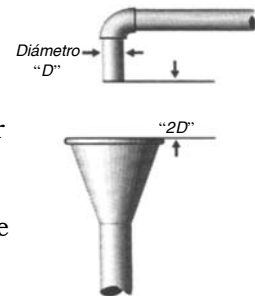
Presión

Un aspecto importante para reducir la amenaza de las conexiones cruzadas consiste en mantener una presión adecuada en el sistema de distribución. Por lo general, el estado establece un requerimiento de presión mínima de $1,4 \text{ kg/cm}^2$ (20 psi) en todo el sistema.

Dispositivos

Intervalo de aire

Para evitar el peligro de las conexiones cruzadas, cada dispositivo en los edificios debe tener un intervalo de aire vertical con el doble de diámetro que la tubería o dispositivo, entre la boca de salida de agua y su nivel de caudal. Esto eliminará el empalme físico de la conexión cruzada y protegerá el edificio (y el suministro municipal) de la contracorriente. Se puede dejar una separación o intervalo de aire en el punto donde el servicio de agua ingresa al edificio (esto sólo protege el suministro municipal y no el abastecimiento del edificio).

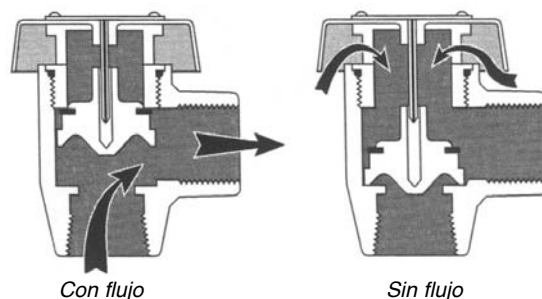


Otros dispositivos

Cuando no se puede dejar un intervalo de aire, se pueden instalar otros dispositivos que sí tengan intervalos de aire para evitar la contracorriente. Además, la codificación por color y el etiquetado de tuberías en sistemas dobles de agua también ayudan a proteger los edificios de las contracorrientes de las conexiones cruzadas. Si bien pueden haber variaciones en los diferentes reglamentos, existe el consenso de que el retrosifonaje se puede evitar con la instalación de interruptores de vacío en las bocas de salida de agua donde existe agua contaminada (por ejemplo, en inodoros y urinarios equipados con válvulas de limpieza automática o en agua de reserva para un tanque de solución química). También se pueden usar en llaves de manguera y en sistemas de riego de césped.

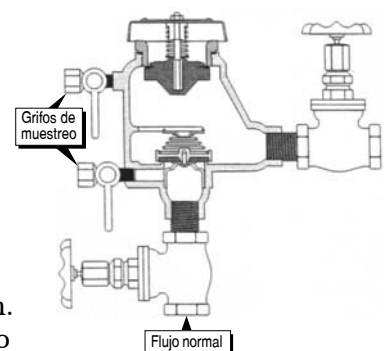
Interruptor de vacío atmosférico

El interruptor de vacío atmosférico se activa con la presión atmosférica para bloquear la tubería del suministro de agua cuando se produce una presión negativa. Esta acción permite el ingreso de aire a la tubería y evita el retrosifonaje. El interruptor de vacío atmosférico no brinda protección contra la contracorriente por contrapresión y no se debe instalar cuando ésta pueda ocurrir. Los interruptores de vacío se deben instalar a no menos de 30 cm (12 pulgadas) sobre la boca de salida más alta. Los interruptores de vacío no están diseñados para uso continuo porque pueden permanecer abiertos. Por ello, no deben tener una válvula colocada aguas abajo, como el caso de una boquilla de aspersión en una manguera que pueda interrumpir el caudal de agua.



Interruptor de vacío a presión (IVP)

El dispositivo del IVP se instala en sistemas presurizados y opera sólo cuando ocurren vacíos. Generalmente, está provisto de un resorte y se debe diseñar para que funcione adecuadamente luego de largos períodos bajo presión. Este dispositivo es adecuado

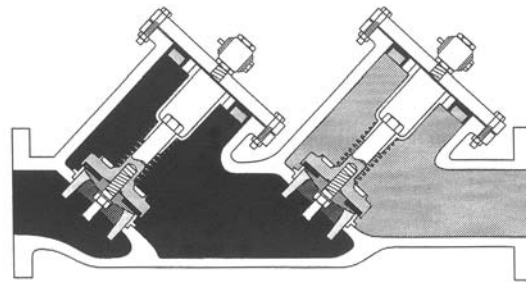


cuando existe un peligro muy grande y no es posible usar el intervalo de aire. Los interruptores de vacío a presión se deben instalar a no menos de 30 cm (12 pulgadas) sobre la boca de salida más alta. Se deben probar al menos anualmente.

Ensamblaje de la válvula de retención doble

Descripción

La válvula de retención doble es un medio confiable de protección contra contracorrientes en caso de niveles bajos o intermedios de peligro. Al igual que otros dispositivos de prevención de contracorrientes, el ensamblaje de la válvula de retención doble se debe revisar y probar anualmente. Los ensamblajes de válvulas de retención doble caseros no son adecuados porque no se pueden probar.



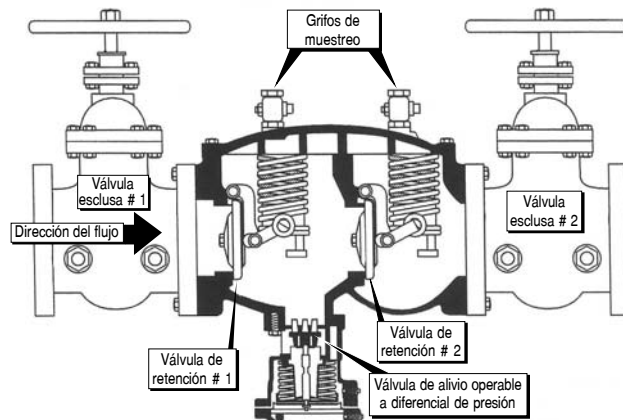
Ventajas

El sistema de retención doble tiene la ventaja de producir una pérdida de carga reducida (máximo 0,7 kgf/cm²) (10 libras por pulgada cuadrada). Cuando las válvulas de cierre se abren totalmente, los dos controles ofrecen poca resistencia al caudal.

Dispositivo para prevenir la contracorriente en zonas de presión reducida (ZPR)

Descripción

El dispositivo de ZPR es el dispositivo mecánico más confiable para evitar la contracorriente y se puede usar tanto en caso de contrapresión como de retrosifonaje. Generalmente, se usa en situaciones de gran peligro. El dispositivo consta de dos válvulas de retención de reducción de presión cargadas independientemente y una válvula de alivio regulada a presión ubicada entre las dos válvulas de retención.



Válvulas de alivio

Como todas las válvulas pueden tener fugas debido al desgaste u obstrucción, la protección que brindan las válvulas de retención no es suficiente. Si alguna obstrucción evita que una válvula de retención se cierre firmemente, la fuga que regresa a la cámara central incrementará la presión en esa zona, la válvula de alivio se abrirá y el caudal se descargará a la atmósfera.

Descarga de agua

El mal funcionamiento de una o ambas válvulas de retención o alivio se detecta si hay descarga continua de agua de los grifos de muestreo; aunque es aceptable que durante la operación normal se puedan descargar pequeñas cantidades de agua en forma periódica. Bajo ninguna circunstancia se debe obstruir el grifo porque el dispositivo depende de un grifo abierto para lograr una operación segura.

Uso y mantenimiento del dispositivo

Pruebas necesarias

Todos los tipos de dispositivos se deben probar por lo menos anualmente para asegurar su funcionamiento óptimo y evitar contracorrientes.

Personal certificado

Actualmente, en muchos países se requiere que el personal que prueba los dispositivos de prevención de contracorrientes reciba una certificación para realizar dichas pruebas y evitar contracorrientes. Este es un aspecto importante del programa de control de conexiones cruzadas de un sistema. Los sistemas de agua pueden reclutar personal certificado o encargar las pruebas a un contratista privado.

Conexiones cruzadas propias o controladas por el sistema de agua

Requerimientos

Además de las muchas conexiones cruzadas que puedan tener los usuarios atendidos por el sistema de agua, pueden haber conexiones cruzadas propias o controladas por el sistema. Esas conexiones cruzadas potenciales se deben tratar de igual manera que las de las entidades privadas.

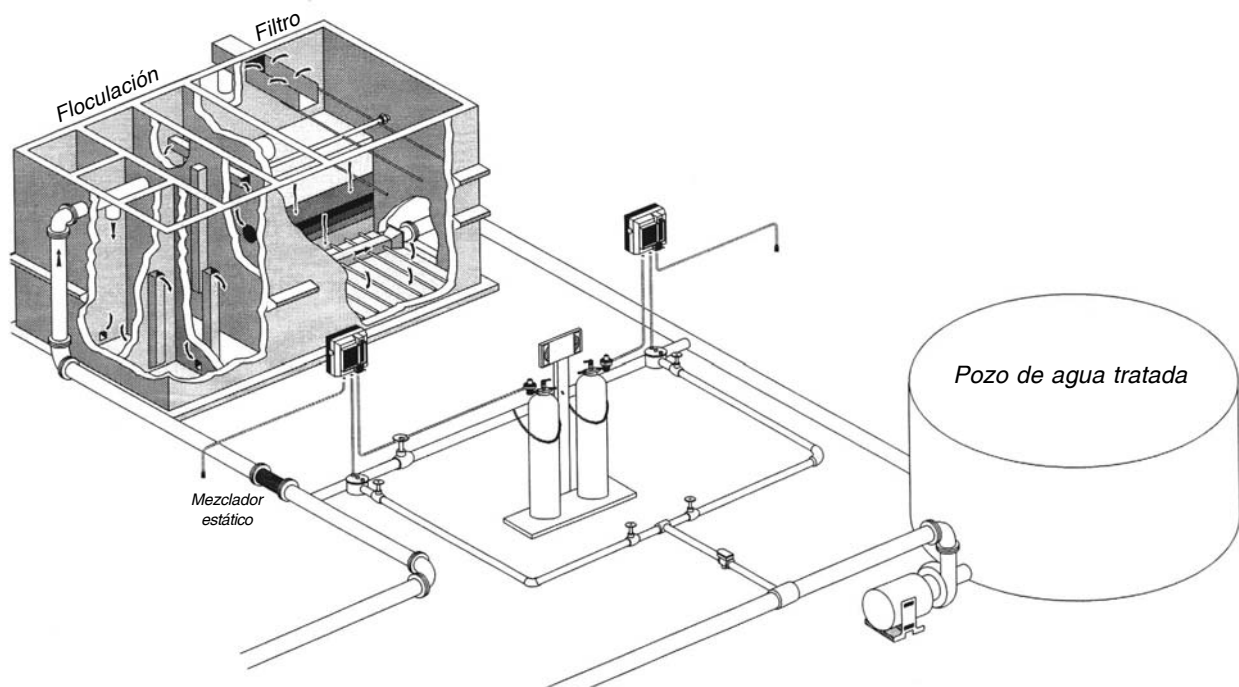
Ubicación de las conexiones cruzadas

Existen conexiones cruzadas en las plantas de tratamiento de agua, estaciones de bombeo o sistema de distribución que pueden amenazar la calidad del agua y la salud pública. Durante la inspección sanitaria, se debe identificar todas las conexiones cruzadas que estén bajo el control del sistema de agua.

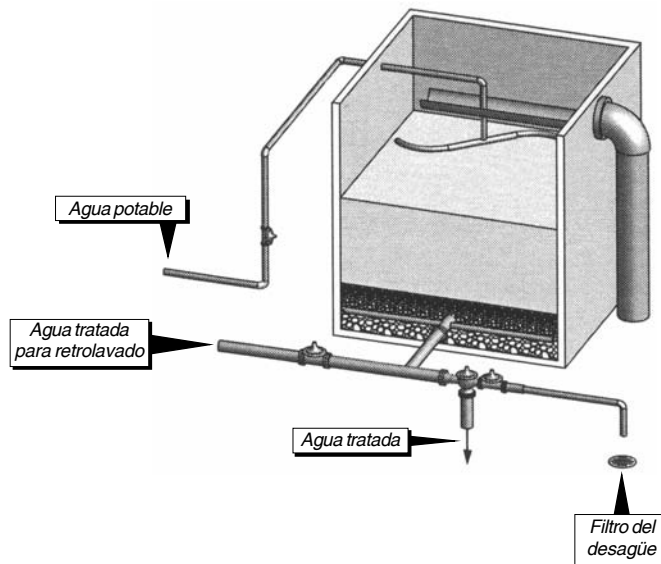
Plantas de tratamiento de agua

Las plantas de tratamiento de agua presentan una gran cantidad de conexiones cruzadas. Se debe identificar las siguientes conexiones cruzadas y eliminarlas con un intervalo de aire o dispositivo apropiado de prevención de contracorrientes:

- bocatomas sumergidas o agua conducida directamente a los tanques de dosificación de sustancias químicas
- carencia de válvula de antisifonaje en los dosificadores de sustancias químicas
- llaves de manguera sin interruptores de vacío
- aspiradores de laboratorio



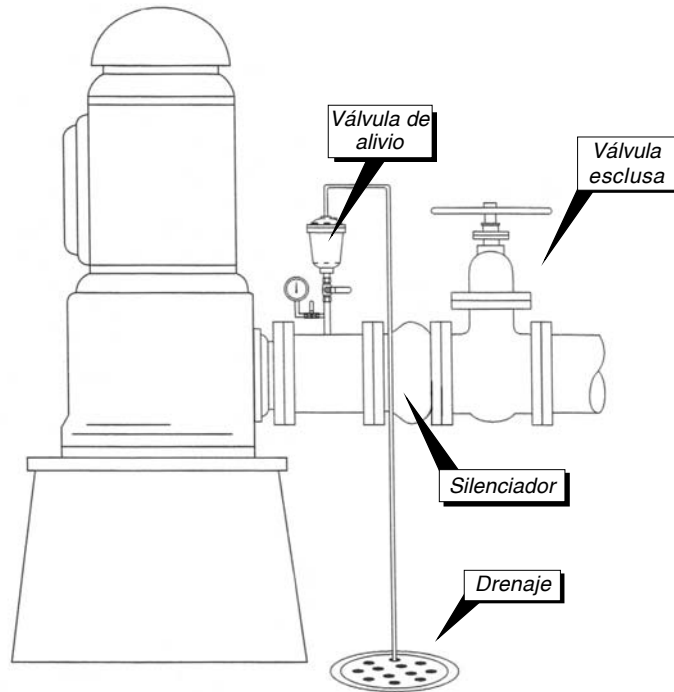
- dosificadores de sustancias químicas con mangueras de dosificación ramificadas hacia el agua cruda, parcialmente tratada o tratada. Ejemplos de ello son la pre y post cloración o la pre y post adición cáustica para controlar el pH
- lavado superficial en los filtros
- desagüe del filtro conectado directamente a un drenaje
- bocas de desagüe o trampas de alcantarilla con inyección directa de agua
- drenajes del piso que permiten el retorno de agua al proceso
- falta de señales y de colores distintivos en las tuberías
- tuberías de desviación (by-pass) alrededor de los dispositivos de prevención de contraflujos
- agua alimentada a las calderas con inyección de sustancias químicas
- estaciones de carga de agua para ventas de agua en grandes volúmenes.



Estaciones de bombeo

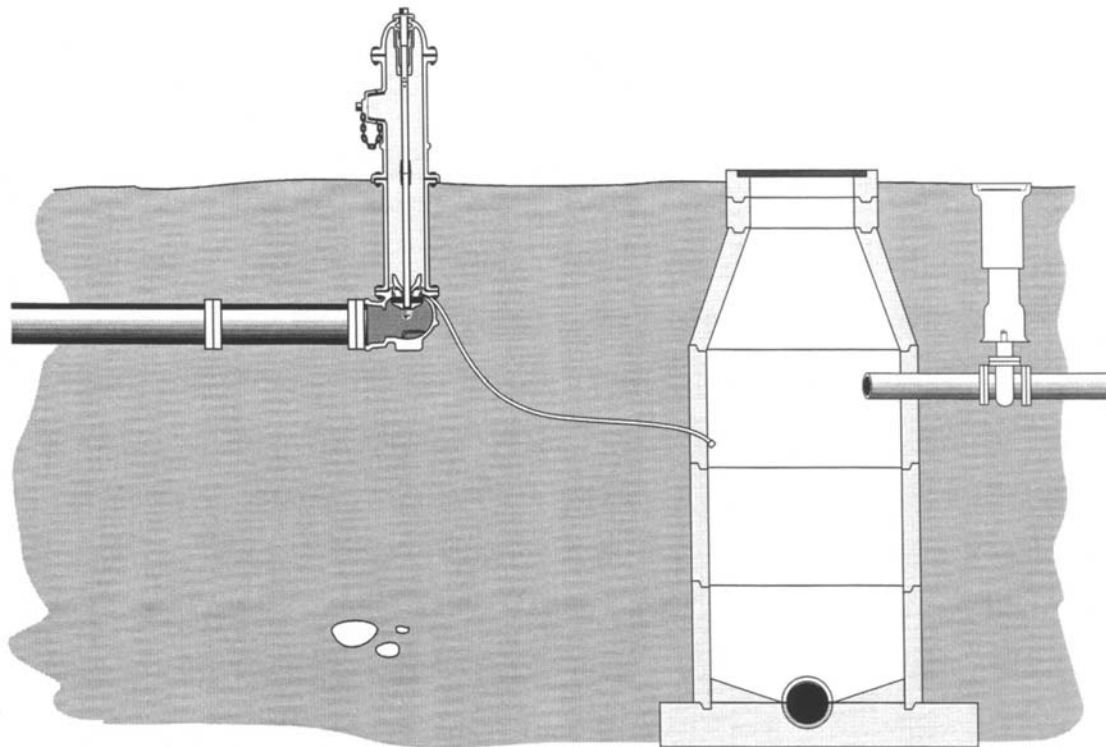
Las estaciones de bombeo también se deben revisar para detectar conexiones cruzadas. Las conexiones cruzadas potenciales que se pueden presentar son:

- cebado de bombas de agua cruda con agua tratada
- válvulas de alivio de aire conectadas directamente a un drenaje
- agua de enfriamiento para un generador de emergencia sumergido en un drenaje o retornada al suministro de agua potable.



Sistema de distribución

Muchas de las conexiones cruzadas potenciales en un sistema de distribución no se pueden observar. Por ello, la persona responsable de la operación del sistema de distribución se debe basar en los siguientes indicios para identificar conexiones cruzadas:



- tubo de expulsión sumergido en cursos de agua
- tuberías maestras que pasan por alcantarillas
- conexiones a sistemas o fuentes de agua no aprobados (sistemas contra incendios o pozos privados)
- bocatomas sumergidas en el equipo de medición del sistema de agua
- válvulas de alivio de aire en fosos con la posibilidad de que el extremo abierto se encuentre sumergido
- grifos de muestreo en válvulas de reducción de presión sumergidas
- reboses de los tanques de almacenamiento conectados directamente a drenajes de aguas de lluvia o alcantarillas
- conexión directa al alcantarillado para la limpieza de la tubería maestra o servidores
- hidrantes con tuberías que drenan en alcantarillas
- uso no controlado de hidrantes contra incendios
- llenado de tubería luego de su limpieza y desinfección, con agua de hidrantes contra incendios.

Riesgos sanitarios de las conexiones cruzadas

Durante la inspección sanitaria, se debe realizar dos actividades principales. Primero, se debe evaluar la adecuación del programa de control de conexiones cruzadas del sistema de agua. Luego, se debe buscar conexiones cruzadas pertenecientes o controladas por el sistema de agua. Estas incluirán conexiones cruzadas en la planta de tratamiento de agua, estaciones de bombeo o sistema de distribución. Para evaluar esas dos áreas, el inspector debe responder las siguientes preguntas.

1. ¿El sistema de agua tiene un programa de control de conexiones cruzadas?

El inspector debe determinar si el sistema tiene un programa formal escrito para controlar las conexiones cruzadas. Se debe revisar el programa para determinar los siguientes componentes básicos:

- autoridad para establecer un programa
- condiciones técnicas
- permiso legal para hacer las inspecciones
- dispositivos de prueba y reparación
- personal certificado para realizar pruebas
- revisión del plan e inspección de construcciones nuevas
- sanciones.

2. ¿El programa está activo y es efectivo en el control de conexiones cruzadas?

El inspector debe determinar si el programa se implementa de manera efectiva. Esto incluiría revisar los registros de personal, inspecciones realizadas, dispositivos instalados en el sistema y cantidad de pruebas.

3. ¿Existen conexiones cruzadas en la planta de tratamiento de agua?

Durante la inspección sanitaria a una planta de tratamiento de agua, se debe buscar conexiones cruzadas, especialmente en las aberturas sumergidas de los tanques de dosificación de sustancias químicas, conexiones entre tuberías de agua tratada y agua en proceso, sistemas divididos de pre y post cloración, lavado de superficies y filtros conectados al desagüe. La importancia de eliminar conexiones cruzadas se debe discutir con el operador durante la inspección.

4. ¿Se han probado dispositivos de prevención de contracorrientes en las plantas de tratamiento y otras instalaciones del sistema de agua?

El inspector debe determinar si los dispositivos se prueban periódicamente, por lo menos anualmente. En

sistemas que carecen de un programa activo de control de conexiones cruzadas, se debe asegurar la operación continua y apropiada de los dispositivos de prevención de contracorrientes del sistema de agua. Además, la identificación de las tuberías con señales y colores son útiles para minimizar las conexiones cruzadas en las plantas. Esto se debe evaluar durante la inspección.

5. ¿Existen conexiones cruzadas en las estaciones de bombeo?

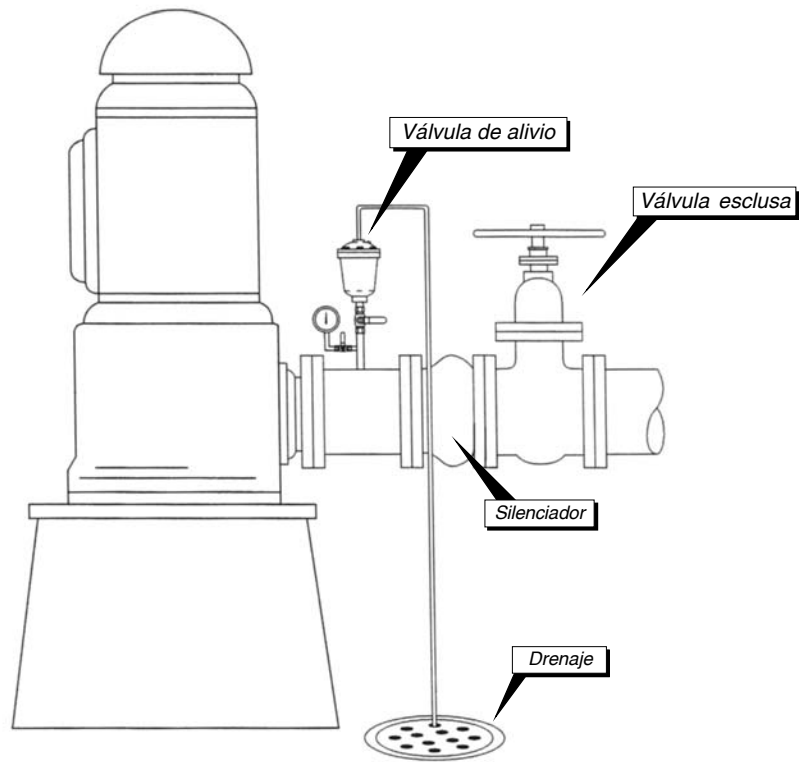
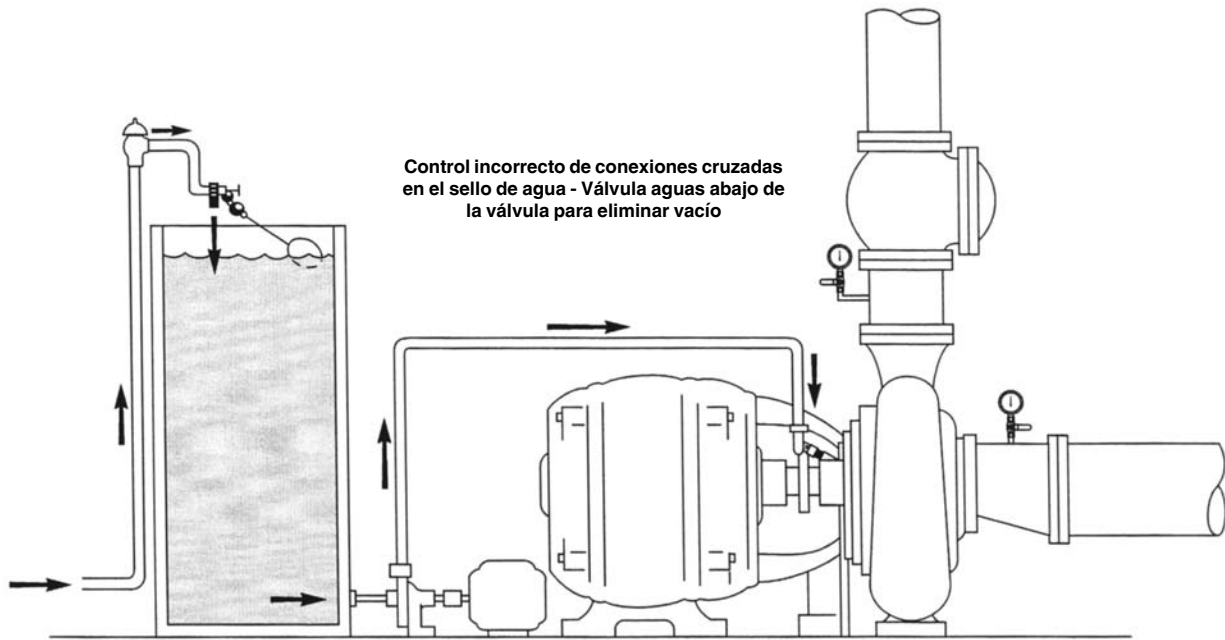
Durante la inspección de bombas y estaciones de bombeo, se debe identificar si hay conexiones cruzadas, lo que podría incluir el cebado de bombas de agua cruda con agua tratada, válvulas de alivio conectadas directamente al drenaje y agua de enfriamiento para generadores de emergencia con bocas de salida sumergidas o que retornan al sistema de agua potable.

6. ¿Existen conexiones cruzadas en los sistemas de distribución pertenecientes o controladas por el sistema de agua?

Para evaluar la presencia de conexiones cruzadas en el sistema de distribución, es importante que el inspector hable con la persona responsable de las operaciones del sistema de distribución. En sistemas pequeños, todo el sistema puede ser operado por un individuo. En sistemas más grandes, se puede dividir la responsabilidad de la operación, la distribución y la planta de tratamiento. El inspector debe preguntar cuidadosamente al operador sobre las conexiones cruzadas del sistema de distribución. Estas incluirían válvulas de purga sumergidas, conexiones directas con el alcantarillado, tuberías matrices de agua potable en los alcantarillados, conexiones con sistemas no aprobados, hidrantes que drenan en el alcantarillado y rebose de tanques de almacenamiento conectados directamente al alcantarillado o drenaje.

7. ¿El sistema de agua tiene un programa para controlar el uso de hidrantes?

Se pueden producir graves riesgos en las conexiones cruzadas si personal no perteneciente al sistema usa los hidrantes para el llenado de tanques, limpieza del alcantarillado, proyectos de construcción, etc. El inspector debe determinar si el sistema de agua tiene un programa para asegurar que los hidrantes no se usen con esos propósitos o, si se usan, que se sigan los procedimientos apropiados para que no se produzca una contracorriente. Este programa incluiría un sistema de licencias que requeriría el uso de intervalos de aire y dispositivos de prevención de contracorrientes.



Tubería incorrecta de descarga de vacío

Monitoreo y pruebas de laboratorio

El monitoreo es una actividad importante de los sistemas de agua. Es necesario para verificar el cumplimiento de los reglamentos (por ejemplo, en cuanto al cloro residual) y para determinar la efectividad del proceso de tratamiento.

Objetivos del aprendizaje

Al final de este capítulo, los participantes deberán ser capaces de evaluar si el proceso de monitoreo y las pruebas de laboratorio cumplen los requisitos de calidad. De manera específica, deben poder:

- Identificar las responsabilidades y requerimientos de los proveedores de agua con respecto al monitoreo.
- Determinar si las instalaciones, pruebas, procedimientos y equipo del laboratorio del sistema son adecuados.
- Determinar si el equipo de prueba se calibra y mantiene adecuadamente.
- Determinar si los reactivos tienen señalada su vida útil y si se desechan adecuadamente después de su fecha de expiración.
- Determinar si el operador realiza adecuadamente las pruebas.
- Determinar si se hacen ajustes en el tratamiento basados en los resultados del laboratorio.
- Determinar si se usan laboratorios certificados cuando se requiere.

Recolección de datos

Para evaluar si el sistema cumple con la ley, el inspector debe revisar la siguiente información:

- cualquier infracción de los límites impuestos por las normas de calidad del agua potable, técnicas de tratamiento, monitoreo o reporte
- información actual sobre la población atendida y número de servicios
- plan de muestreo de coliformes aprobado por el estado, si corresponde
- muestreo de THM aprobado por el estado
- incumplimiento de los reglamentos
- variaciones o excepciones que se aplican al sistema
- documentación de la aprobación estatal para los cambios e instalación del sistema.

Reglamentos y normas

Antes de la inspección, el inspector debe revisar los reglamentos, normas y guías relacionados con el agua potable. Debe tener asimismo, un buen conocimiento de la norma nacional o estatal para calidad del agua de bebida.

Monitoreo y pruebas de laboratorio

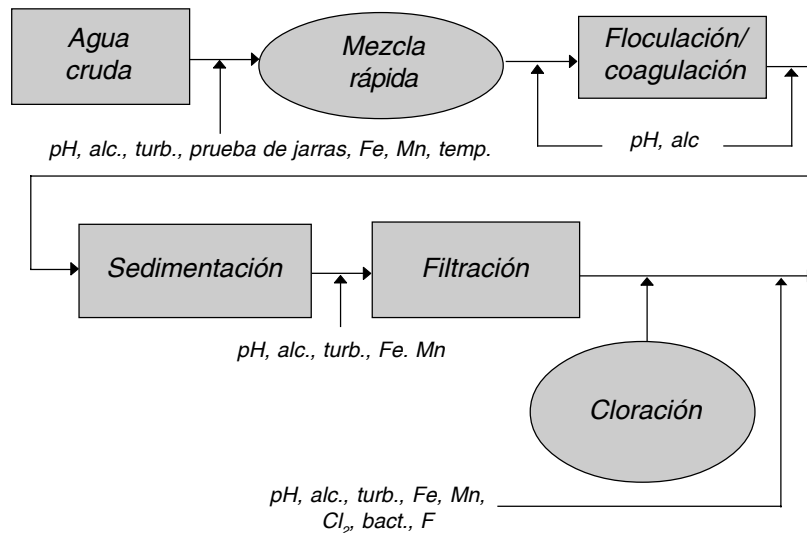
Información básica

Laboratorio aprobado

Los requerimientos del monitoreo en conformidad con las disposiciones legales sobre el agua de bebida segura se detallan en las normas pertinentes de calidad del agua. La mayor parte del monitoreo, con excepción de la turbiedad y cloro residual, debe estar a cargo de un laboratorio certificado, ya sea propio o contratado.

Monitoreo interno

El operador debe establecer el monitoreo interno adecuado para evaluar la operación del sistema de tratamiento y elaborar un programa de control de los procesos. Los diversos tipos de pruebas de laboratorio y el número de puntos de muestreo dependen del tipo de la planta. La frecuencia de muestreo dependerá de la fuente de agua no tratada, la variación de la calidad y la importancia del parámetro evaluado. La figura 9.1 muestra un programa integral de monitoreo para una planta convencional de tratamiento de agua superficial.



Riesgos sanitarios del monitoreo y pruebas de laboratorio

1. ¿Se realiza un monitoreo adecuado?

El operador debe tener un programa de monitoreo interno y verificar que se cumplan todas las disposiciones de la reglamentación.

2. ¿El operador sigue los procedimientos adecuados?

El inspector deberá observar la técnica usada por el operador cuando recoge las muestras y lleva a cabo el análisis. El operador debe seguir procedimientos adecuados para calibrar el equipo de prueba y realizar el análisis. El operador debe revisar periódicamente las normas sobre turbiedad y sus variaciones.

3. ¿Las instalaciones y el equipo de prueba son adecuados?

La empresa debe proporcionar el equipo de prueba adecuado al operador para poder implementar un programa integral de monitoreo. El inspector debe verificar que todo el equipo de prueba funcione adecuadamente. Las instalaciones de laboratorio deben ser compatibles con el equipo de prueba en términos de espacio y ambiente. Los equipos de monitoreo en línea, tales como turbidímetros, medidores de pH y analizadores de cloro residual, se deben revisar y calibrar periódicamente para garantizar su rendimiento adecuado.

El inspector debe garantizar que todos los reactivos químicos sean apropiados para el tipo de equipo o instrumento utilizado. Los reactivos se deben etiquetar claramente con el nombre y fecha de preparación. Los reactivos preparados por el fabricante se deben desechar cuando la fecha de expiración haya vencido.

4. ¿Se mantienen los registros del programa de monitoreo?

Los resultados del programa de monitoreo se deben mantener en un sistema organizado de registros.

5. ¿El operador grafica los resultados?

El operador debe graficar las tendencias en papel cuadriculado o en una computadora. Esto permite al operador evaluar las relaciones y cambios en el tratamiento. Por ejemplo: a mayor cantidad de cloro, menor nivel de hierro; o a mayor cantidad de cal, mayor nivel de pH.

6. ¿Los ajustes en el tratamiento se realizan basados en los resultados del laboratorio?

El inspector debe determinar las acciones tomadas de acuerdo con los resultados de las pruebas de laboratorio. El operador debe comprender la importancia de los resultados de las pruebas de laboratorio ya que se relacionan con el rendimiento de la planta de tratamiento.

7. ¿Se recurre a laboratorios certificados cuando se requiere?

En algunos estados, los resultados de algunas pruebas no son válidos a menos que las realice un laboratorio certificado o un técnico de un laboratorio certificado.

Manejo de la empresa

La operación y mantenimiento de todo sistema de agua depende de cómo la gerencia realice la gestión empresarial. La gestión debe proveer financiamiento y apoyo para asegurar la operación continua y confiable a través de personal y materiales adecuados para la operación, reparación y reemplazo del equipo.

Objetivos del aprendizaje

Al final de este capítulo, los alumnos deberán ser capaces de evaluar el manejo de un pequeño sistema de abastecimiento de agua. En particular, deben poder:

- Identificar y evaluar los componentes claves de la organización y manejo de un sistema de agua.
- Identificar los planes necesarios para verificar el cumplimiento de los reglamentos y su viabilidad a largo plazo.
- Evaluar el reclutamiento de personal: número, aptitudes, certificación, capacitación y seguridad.
- Identificar los componentes claves de las operaciones del sistema.
- Evaluar en forma general la viabilidad financiera del sistema a largo plazo.

Recolección de datos

El inspector debe obtener la mayor cantidad de información sobre el sistema de agua antes de la inspección sanitaria. Si no fuera así, durante la inspección se pueden obtener los siguientes datos e información:

- informe de la inspección sanitaria
- correspondencia
- monitoreo del cumplimiento de los reglamentos
- registro de cumplimiento de los reglamentos
- planes registrados (protección de fuentes, muestreo, emergencias y contingencias, control de conexiones cruzadas, reparación, reemplazo, expansión futura, etc.).

Reglamentos y normas

El inspector debe considerar y examinar los siguientes reglamentos antes de la inspección:

- cambios en la legislación
- monitoreo
- desinfección de aguas subterráneas
- informe anual (en los periódicos)
- requerimientos de certificación mínima del operador
- normas de exposición al radón, si las hubiere
- normas de calidad del agua relacionadas con el arsénico, fluoruros y sulfato, si las hubiere.

Manejo de la empresa

Información básica

La gestión del sistema de agua no representa por sí misma un riesgo sanitario para la calidad del agua. Sin embargo, existen varios aspectos de ella que pueden afectar el rendimiento general del sistema.

El personal administrativo de un sistema pequeño puede variar desde un sólo individuo que trabaja como operador y administrador hasta una jerarquía más compleja que incluye funcionarios y empleados municipales que aprueban la solicitud del presupuesto, realizan compras y planifican la reparación y reemplazo de repuestos para asegurar la producción, almacenamiento y distribución del agua de bebida a largo plazo y de manera adecuada, confiable y segura. Asegúrese de trabajar con el nivel de gestión más efectivo y responsable.

La gestión de la empresa y el riesgo sanitario

Durante la inspección sanitaria, las siguientes cinco áreas de la gestión pueden representar riesgos sanitarios:

- organización
- planificación
- personal
- operación
- finanzas.

El manejo de un pequeño sistema de agua a menudo incluye uno o dos individuos claves: el operador y el responsable de la O&M del sistema de agua. La ventaja de un sistema pequeño es que un solo individuo opera y disemina la información. Sin embargo, la carga de trabajo puede exceder en gran medida las aptitudes del personal. Las jerarquías más complejas aligeran la carga de trabajo pero también incrementan la falta de comunicación y pueden coadyuvar a la recolección y diseminación de información inadecuada.

La gestión, independientemente de la jerarquía, puede afectar en gran medida la confiabilidad del sistema. Los encargados del manejo deben conocer la importancia del cumplimiento de los reglamentos que se aplican a su sistema. El personal debe tener la facultad de tomar decisiones relacionadas con la operación y recibir el apoyo del área administrativa.

Otra actividad importante de la gestión es la recolección y manejo de información. Sus actividades varían desde el

seguimiento de los gastos de operación y ubicación de las válvulas en el plano de la distribución hasta el mantenimiento del registro de fallas, reparaciones y quejas del cliente. Este tipo de información es importante para la planificación y elaboración del presupuesto del próximo año y la próxima década.

La planificación es a menudo un reto para muchos sistemas. La reglamentación suele exigir los siguientes planes: protección de la fuente, monitoreo, emergencias y contingencias y control de conexiones cruzadas. El sistema también debe cumplir con programas de seguridad. Otros planes igualmente importantes incluyen el presupuesto anual y el plan de 5 a 10 años para reparaciones, reemplazos y expansión futura.

Los aspectos de personal incluyen personal de operación calificado y el cumplimiento de los requisitos estatales de certificación, capacitación y seguridad.

En primer lugar, la gerencia debe proporcionar las instalaciones y el equipo requerido para la operación confiable del sistema. Los procedimientos estandarizados de operación aseguran la confiabilidad de todos los procesos cuando un operador deja su puesto y es sucedido por otro.

El financiamiento comprende el presupuesto para la operación diaria, reparación, reemplazo y expansión futura. La buena gestión ofrece la posibilidad de minimizar las demandas de todo tipo en el sistema, proteger el volumen de la fuente, reducir los costos de las sustancias químicas y promueve la duración general del sistema.

Organización Administración

1. ¿Existe un organigrama formal?

Esto puede darle al inspector una visión clara de la organización de la empresa y del responsable de cada sección. Cuando no se cuenta con un organigrama, a menudo los operadores no saben a quién recurrir para tomar decisiones, desconocen las líneas normales de comunicación y sus responsabilidades en el trabajo.

2. ¿El personal de operación tiene autoridad para tomar decisiones sobre la operación, mantenimiento o administración que afecten el rendimiento y confiabilidad de la planta?

Determine si existen políticas administrativas que limiten al personal de operación la toma de decisiones y que puedan afectar el rendimiento de la planta.

Los ejemplos que limitan la toma de decisiones podrían relacionarse con el ajuste de la dosificación de sustancias químicas, contratación de un electricista o adquisición de una pieza importante del equipo. Los ejemplos de políticas administrativas restrictivas incluyen la falta de apoyo a la capacitación y el financiamiento insuficiente de la planta.

3. ¿Los administradores están familiarizados con los requisitos legales y las necesidades del sistema?

La gerencia debe conocer los requisitos legales que se aplican a su sistema. Debe tener un conocimiento directo de las necesidades del sistema a través de visitas a la planta y discusiones frecuentes con los operadores. La falta de conocimiento directo puede reducir el rendimiento, incidir sobre la moral del personal, generar decisiones presupuestales deficientes y limitar el apoyo para las modificaciones del sistema.

4. ¿Existe un proceso de planificación formal y adecuado?

La falta de planes de largo plazo para el reemplazo de equipo o unidades de la planta, fuentes alternativas de agua, respuesta a emergencias, etc., puede afectar el rendimiento del sistema a largo plazo. La planificación se aborda en otra sección.

Manejo de la información

1. ¿La empresa maneja su información?

El manejo de información podría incluir sistemas formales y procedimientos escritos para:

- catalogación, clasificación y almacenamiento de mapas y planos
- actualización de mapas
- atención y seguimiento de las quejas del usuario
- reparación y seguimiento de rupturas o fallas de la tubería, reemplazos, etc.
- identificación, recolección, análisis y actualización de operaciones claves, así como de datos de monitoreo
- políticas y procedimientos estandarizados de operación
- registros de mantenimiento
- registros financieros.

La información mencionada es esencial para tratar los problemas existentes y planificar las necesidades futuras.

2. ¿La empresa sigue e identifica parámetros de operación típicos tales como:

- agua no contabilizada
- costo unitario de producción de agua?

Cuando las empresas rastrean y comparten este tipo de información entre el personal de operación y la gerencia, demuestran que se preocupan por obtener buenos resultados y por satisfacer las necesidades del usuario.

Ese tipo de información justifica las decisiones y promueve el cumplimiento de las normas y reglamentos, así como las prácticas sugeridas por la industria para producir y conservar agua de calidad.

3. ¿La empresa ha automatizado su información financiera de operación y mantenimiento?

Si bien no se requiere una computadora, ésta facilita el almacenamiento de datos que pueden servir de apoyo a las decisiones de la gerencia.

Comunicación

1. ¿Existe una comunicación efectiva entre el personal administrativo, el de operación y el organismo de vigilancia estatal?

Las dificultades se relacionan principalmente con problemas de presupuesto, política de personal y relaciones deficientes entre la organización interna de la empresa de agua y el organismo de vigilancia estatal. Los inspectores deben examinar la relación anterior para determinar la respuesta del sistema y hacer preguntas para confirmar las observaciones.

2. ¿Cuál es el nivel de cooperación entre el sistema y otras organizaciones?

El éxito de una empresa depende de la cooperación existente entre las empresas asociadas, el organismo de vigilancia y la misma empresa. Los ejemplos incluirían la cooperación en actividades de conservación del agua con grupos que realizan perforaciones de pozos, asociaciones profesionales y organismos distritales y estatales que se dedican a la planificación de largo plazo del uso del terreno y agua. Una segunda área importante es la cooperación entre la empresa y el principal organismo de salud del estado. Si existen antecedentes de una relación deficiente, la empresa puede tener dificultades para cumplir con los requerimientos legales.

3. ¿Cuál es el nivel de cooperación entre el sistema y el cuerpo de bomberos local?

A menudo es difícil determinar directamente esa cooperación. Sin embargo, puede preguntar:

- ¿Qué función cumple el cuerpo de bomberos en la inspección y limpieza de hidrantes y en la determinación del tipo y ubicación de un nuevo hidrante?
- ¿Qué función cumple el cuerpo de bomberos en el plan de emergencia del sistema por ser el primero en ser notificado en caso de derrames de sustancias químicas o descargas accidentales?
- ¿Cuál es la política y procedimiento para notificar al cuerpo de bomberos que un hidrante está fuera de servicio?
- ¿Cuál es el procedimiento de notificación cuando el cuerpo de bomberos usa un hidrante?
- ¿Cuál es la función del cuerpo de bomberos en la determinación de las necesidades de construcción?

Planificación

Planificación de emergencia y contingencias

1. ¿Se dispone de un plan de emergencia y contingencias?

La empresa debe tener un plan de emergencia y contingencias que especifique la acción que se deberá tomar y quien la deberá ejecutar. El plan de emergencia debe satisfacer las necesidades de la planta, zona geográfica y naturaleza de la emergencia. Se deben considerar condiciones tales como tormentas, inundaciones y fallas mecánicas graves. El plan de emergencia se debe actualizar anualmente y las plantas más grandes deben hacer un simulacro anual.

2. ¿Existen planes escritos disponibles para las siguientes áreas?

- protección de la fuente
- muestreo y monitoreo
- emergencias y contingencias
- control de conexiones cruzadas
- reparaciones, reemplazos y expansión futura.

Personal

Reclutamiento de personal

1. ¿Hay suficiente personal?

Debe haber suficiente personal para trabajar los turnos de las noches, fines de semana, vacaciones o ausencias por enfermedad. El número de operadores depende del tipo y tamaño de la planta de tratamiento. La adecuación en calidad y cantidad del personal se refleja en la

realización de las tareas de operación y mantenimiento sin necesidad de horas extras.

2. ¿El personal está calificado?

El personal debe poseer las aptitudes, nivel de educación y certificación adecuados para realizar el trabajo correctamente.

Los sistemas deben cumplir con los requisitos estatales de certificación. El certificado de aprobación tiene que estar en un lugar visible o estar disponible para el inspector. Se supone que las certificaciones adecuadas indican que el personal tiene el nivel apropiado.

3. ¿El personal está capacitado?

Debe existir un programa de capacitación continua para que el personal opere adecuadamente el sistema. La capacitación se puede realizar de diferentes formas: capacitación interna realizada por personal experimentado y capacitación patrocinada por el estado. Los cursos por correspondencia también son un medio de capacitación.

El inspector puede solicitar información a los operadores sobre controles del proceso, requisitos de mantenimiento y seguridad para determinar el nivel de preparación de los operadores.

Programa de seguridad

1. ¿Se ha capacitado adecuadamente a los operadores en procedimientos de seguridad y manejo de equipo?

La seguridad del personal de operación y del inspector es importante. Cualquier lesión personal puede afectar el sistema. A pesar de que los inspectores sanitarios no son expertos en seguridad, el diálogo con los operadores y gerentes del sistema permitirá al inspector determinar si el programa de seguridad se desarrolla adecuadamente. La capacitación en seguridad y la provisión del equipo de seguridad adecuado son esenciales. La gerencia debe proporcionar al inspector una lista de actividades de capacitación con sus respectivos registros de asistencia. El equipo de seguridad adecuado debe estar en el lugar y debe recibir el mantenimiento adecuado. Los ejemplos de equipo necesario incluyen, entre otros, equipo respiratorio autónomo, equipos para reparar cilindros de cloro, grifo para el lavado de ojos en caso de emergencia y extinguidores.

2. ¿La empresa cumple con los requisitos de seguridad establecidos en los reglamentos?

Se debe verificar que la información sobre peligros y riesgos esté disponible y que los operadores sepan

dónde está. Determine si hay documentación sobre cómo ingresar a espacios confinados, cómo usar materiales peligrosos y cómo manejar emergencias asociadas con materiales peligrosos.

3. ¿La empresa tiene buenos antecedentes en el tema de la seguridad?

El inspector debe revisar los registros de seguridad anteriores. Determine la tasa de gravedad y frecuencia de accidentes en los últimos cinco años. Un registro de seguridad deficiente puede reflejar problemas de personal, mantenimiento deficiente del equipo o falta de atención con respecto a la seguridad.

Operaciones

Procedimientos de operación

1. ¿Existe un manual de operación y mantenimiento (O&M) general para la planta de tratamiento?

Además del manual estándar de O&M, el fabricante debe proporcionar datos de **todas** las partes del equipo. Esa información, así como los planes de la planta, deben estar disponibles. El mantenimiento adecuado del equipo **no se puede** efectuar sin manuales adecuados ni información provista por el fabricante.

2. ¿Se ha implementado un programa de procedimientos estandarizados de operación (PEO)?

Se debe consultar al personal de operación y manejo si existen manuales de O&M, información provista por el fabricante y PEO. Los PEO son importantes para uniformizar las operaciones de la planta entre los operadores.

Instalaciones y equipo

1. ¿Se cuenta con instalaciones suficientes y convenientes para almacenar repuestos, equipos, vehículos, dispositivos de control de tráfico y suministros?

El inspector debe inspeccionar esas instalaciones para verificar su adecuación, mantenimiento y apariencia general. Con frecuencia, la apariencia de las instalaciones refleja la importancia que tienen los trabajadores para el sistema.

2. ¿Existen instalaciones adecuadas para el personal del sistema?

Estas incluirían una sala de reuniones, comedor, sala de descanso y armarios individuales. Verifique que el lugar esté siempre limpio y en buenas condiciones.

3. ¿Las instalaciones y equipo del sistema son adecuados?

Las instalaciones y equipos inadecuados, tales como bombas muy pequeñas, falta de equipos alternos y un mantenimiento deficiente pueden afectar la producción del agua de bebida. Los edificios y estructuras deben ser estructuralmente sólidos y contar con seguridad apropiada. El equipo se debe mantener según las especificaciones del fabricante y debe ser adecuado para su función.

Finanzas

1. ¿El financiamiento y presupuesto son satisfactorios?

Se debe contar con fondos suficientes para la operación, mantenimiento y reemplazos futuros en el sistema. Estos fondos no se deben mezclar con otras cuentas. El sistema debe operar con sus propios ingresos y debe tener un fondo de amortización para reemplazar piezas importantes de los equipos.

La falta de financiamiento puede dar lugar a sueldos bajos o reservas insuficientes de repuestos, sustancias químicas o equipo.

2. ¿Los fondos se destinan correctamente?

Determine si la manera de usar los fondos disponibles ocasiona problemas en la obtención de equipo, personal necesario, etc. Además, identifique si se deja de lado las prioridades de inversión más importantes.

3. ¿Existen fondos suficientes para la capacitación de personal?

Se recomienda un presupuesto de capacitación equivalente a 5% del sueldo de los trabajadores.

4. ¿El sistema tiene una política o programa de conservación del agua?

Las políticas y programas que promueven la conservación del agua, así como una clara política de tarifas representan, con el tiempo, un ahorro significativo. La conservación reduce la demanda en la fuente, los gastos de sustancias químicas y energía eléctrica, y minimiza el desgaste del equipo, en especial, las bombas.

CAPACITACIÓN EN EL CAMPO

Fecha de la inspección _____

Nombre del sistema: _____

Propietario: _____ Teléfono: _____

Dirección: _____

Conexiones de servicio _____ Conexiones de emergencia _____

Población _____

Capacidad del sistema _____ m³/día

Fuente de agua

Nombre (s) de la fuente _____

Tipo

SÍ NO N/A

			<i>Captación (ubicación, niveles, rejillas, mantenimiento)</i>
			<i>Acceso (restringido, monitoreado)</i>
			<i>Control de la contaminación</i>
			<i>Calidad del agua</i>
			<i>Cantidad</i>
			<i>Bombas de (número, capacidad, condición)</i>
MANANTIALES Y GALERÍAS DE INFILTRACIÓN			
			<i>Protección del área de recarga</i>
			<i>Protección del sitio</i>
			<i>Protección contra inundaciones</i>
			<i>Construcción</i>
			<i>Mantenimiento</i>
			<i>Cantidad</i>
			<i>Calidad</i>

SÍ	NO	N/A	POZO
			<i>Cantidad</i>
			<i>Calidad (bacteriológica, química, radiactiva)</i>
			<i>Protección contra la contaminación (plataforma, sello, encamisado, ventilación, ubicación, etc.)</i>
			<i>Seguridad (cerca, candado, etc.)</i>
			<i>Tubería de impulsión (válvula de retención, válvula de ruptura de vacío, grifo de muestreo, válvula esclusa)</i>
			<i>Protección contra agentes atmosféricos</i>
			<i>Medidor de caudal</i>
TRATAMIENTO DE AGUA (PROCESOS UNITARIOS)			
			<i>Pretratamiento</i>
			<i>Mezcla rápida</i>
			<i>Floculación</i>
			<i>Sedimentación</i>
			<i>Clarificación</i>
			<i>Filtración</i>
TRATAMIENTO DE AGUA (GENERAL)			
			<i>Operación y mantenimiento del equipo (dosificadores, bombas, filtros, etc.)</i>
			<i>Manejo del gas clorado</i>
			<i>Cloro residual adecuado</i>
			<i>Equipo y procedimientos de seguridad</i>
			<i>Uso de sustancias químicas, tasas de dosificación, registros</i>
			<i>Almacenamiento de sustancias químicas</i>
			<i>Punto de inyección de sustancias químicas, grifo de muestreo</i>

SÍ NO N/A			ALMACENAMIENTO
			<i>Protección sanitaria (ventilación, rebose, drenaje, etc.)</i>
			<i>Mantenimiento</i>
			<i>Seguridad</i>
			<i>Volumen adecuado (almacenamiento total _____ m³)</i>
			<i>Tuberías de desviación, drenaje, grifo de muestreo</i>
			<i>Relación aire-agua (hidroneumático)</i>
DISTRIBUCIÓN			
			<i>Bombas de gran capacidad</i>
			<i>Bombas de refuerzo</i>
			<i>Presión adecuada (1,7 kgf/cm² x min)</i>
			<i>Calidad del agua</i>
			<i>Demanda para incendios</i>
			<i>Mantenimiento de válvulas (pruebas de funcionamiento, reparación)</i>
			<i>Mantenimiento de hidrantes</i>
			<i>Programa de limpieza</i>
			<i>Detección y reparación de fugas</i>
			<i>Mapa del sistema</i>
			<i>Programa de control de conexiones cruzadas</i>
			<i>¿Todos los servicios cuentan con medidores?</i>
			<i>Sí _____ No _____</i> <i># servicios con medidores _____</i>

SÍ	NO	N/A	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO GENERAL
			<i>Mantenimiento general</i>
			<i>Operador certificado</i>
			<i>Reclutamiento de personal</i>
			<i>Registros de O&M</i>
			<i>Inventario de suministros y repuestos</i>
			<i>Registros de automonitoreo, notificación pública</i>
			<i>Método de disposición de aguas residuales:</i>

			<i>Manual de procedimientos de O&M</i>
CONTROL DE CALIDAD DEL OPERADOR			
			<i>Conocimiento y capacidad</i>
			<i>Instalaciones y equipo de prueba</i>
			<i>Pruebas diarias</i>
			<i>Registros</i>
OPERACIÓN DE EMERGENCIA			
			<i>Energía de reserva</i>
			<i>Plan de operación de emergencia</i>

Tipo de inspección:

Rutina: _____

Otros: _____

Seguimiento: _____

Seguimiento: _____ Sí _____ No

Queja: _____

Fecha _____

Calificación global:

Satisfactoria _____

Insatisfactoria _____

APÉNDICE

Comité Asesor

William Engel, Ph.D., CET, Director del proyecto,
University of Florida TREEO Center
Gainesville, FL

Ken Hay, Oficial del proyecto
Environmental Protection Agency
Office of Drinking Water
Washington, D.C.

Andrew Holtan, CET, RES, Gerente del proyecto
International Studies and Training Institute
Whiteford, MD

Van Hoofnagle, Administrador
Drinking Water Program
Department of Environmental Protection
Tallahassee, FL

Les O'Brien, CET
University of Florida TREEO Center
Gainesville, FL

William Parrish,
Instructor de la inspección sanitaria
Timonium, MD

Rene Pelletier
Water Supply Engineering Bureau
NH Department of Environmental Sciences
Concord, NH

Kevin Reilly
Environmental Protection Agency, Región 1
Division of Ground & Drinking Water
Boston, MA

Rick Sharinka
Water Supply Engineering Bureau
NH Department of Environmental Sciences
Concord, NH

Peter C. Karalekas, Jr., PE,
Instructor de la inspección sanitaria
Ludlow, MA

Ken Bousfield
UT Department of Environmental Quality
Division of Drinking Water
Salt Lake City, UT

Robert Clement
Environmental Protection Agency, Región 8
Denver, CO

Mike Leonard
Environmental Protection Agency, Región 4
Municipal Facilities Branch
Atlanta, GA

Steve Saulnier, PE.
Rural Community Assistance Project
Leesburg, VA

John Trax
National Rural Water Association
Washington, D.C.

Rita Wayco
Environmental Protection Agency
Municipal Facilities Branch
Atlanta, GA

Referencias sugeridas

1. At America's Service – Karl Albrecht
Disponible en: Dow Jones-Irwin
Homewood, Illinois 60430
2. AWWA B600-78: Standard for Powdered Activated Carbon
Disponible en: AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235
3. AWWA B604-74: Standard for Granular Activated Carbon
Disponible en: AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235
4. Basic Science Concepts and Applications Reference Handbook
Disponible en: AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235
5. Construction of Distribution Systems
Disponible en: ACR Publications
1298 Elm St. SW
Albany, OR 97321
541-928-6199
800-433-8150
Fax – 541-926-3478
www.acrp.com
6. Distribution Systems
Disponible en: AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235
7. Electrical Fundamentals for Water and Wastewater
Disponible en: ACR Publications
1298 Elm St. SW
Albany, OR 97321
541-928-6199
800-433-8150
Fax – 541-926-3478
www.acrp.com
8. Environmental Engineering and Sanitation – por Joseph A. Salvato
Disponible en: John Wiley & Sons, Inc.
Somerset, NJ 08873

9. How to Conduct a Sanitary Survey Procedures Manual
Disponibile en: New Mexico Health and Environmental
Department Environmental
Improvement Division
P.O. Box 968
Santa Fe, NM 87504-0968

10. Introduction to Small Water Systems
Disponibile en: ACR Publications
1298 Elm St. SW
Albany, OR 97321
541-928-6199
800-433-8150
Fax – 541-926-3478
www.acrp.com

11. Introduction to Utility Managment
Disponibile en: ACR Publications
1298 Elm St. SW
Albany, OR 97321
541-928-6199
800-433-8150
Fax – 541-926-3478
www.acrp.com

12. Introduction to Water Distribution, Volume II
Disponibile en: AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235

13. Introduction to Water Treatment, Volume II
Disponibile en: WWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235

14. Introduction to Water Quality Analysis, Volume IV
Disponibile en: AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235

15. Introduction to Water Sources Transmission, Volume I
Disponibile en: AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235

16. Maintenance Management
Disponibile en: AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235

17. **Manual of Individual Water Supply Systems**
Disponibile en: Superintendent of Documents
U.S. Government Printing Office
Washington D.C., 20402
Stock No. 055-000-00229-1
18. **A Manual of Instruction for Water Treatment Plant Operators**
Disponibile en: Health Education Services, Inc.
P.O. Box 7126
Albany, NY 12224
518-439-7286
19. **Manual of Treatment Techniques for Meeting the Interim Primary Drinking Water Regulation; EPA 600/8-77-005**
Disponibile en: ORD Publications
USEPA-CERI
26 West St. Clair Street
Cincinnati, OH 45268
20. **Manual of Water Utility Operations**
Disponibile en: Texas Water Utilities Association
6521 Burnet Lane
Austin, TX 78757
21. **National Primary Drinking Water Regulations**
Disponibile en: Superintendent of Documents
U.S. Government Printing Office
Washington, D.C. 20402
Stock No. 055-000-00157-0
22. **National Secondary Drinking Water Regulations**
Disponibile en: Environmental Protection Agency
Office of Water Supply
Washington, D.C. 20460
23. **Occurrence and Removal of VOC's from Drinking Water**
Disponibile en: AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235
24. **O&M of Chlorination Systems**
Disponibile en: ACR Publications
1298 Elm St. SW
Albany, OR 97321
541-928-6199
800-433-8150
Fax – 541-926-3478
www.acrp.com

-
25. Upflow – Volumen 12, No. 5, mayo de 1986
 Disponible en: AWWA
 6666 W. Quincy Avenue
 Denver, CO 80235 EPA-570/9/76-000
26. Planning for an Individual Water System
 Disponible en: American Association for Vocational
 Instruction Materials
 Engineering Center
 Athens, GA 30602
27. Pumps and Pumping
 Disponible en: ACR Publications
 1298 Elm St. SW
 Albany, OR 97321
 541-928-6199
 800-433-8150
 Fax – 541-926-3478
www.acrp.com
28. Recommended Standards for Water Works (Ten States Standards)
 Disponible en: Health Education Services, Inc.
 P.O. Box 7126
 Albany, NY 12224
 518-439-7286
29. Small Water System Operation & Maintenance
 Disponible en: Department of Civil Engineering
 California State University, Sacramento
 6000 J Street
30. Standards for the Disinfection of Pipe
 Disponible en: AWWA
 6666 W. Quincy Avenue
 Denver, CO 80235
31. The Safe Drinking Water Act Handbook for Water System Operators
 Disponible en: AWWA
 6666 W. Quincy Avenue
 Denver, CO 80235
32. Thriving on Chaos Tom Peters
 Disponible: Alfred A. Knopf
 New York, NY

33. **Water Distribution System Operation and Maintenance**
Disponible en: Department of Civil Engineering
California State University, Sacramento
6000 J Street
Sacramento, CA 95810
916-278-6142

34. **Water Systems Handbook**
Disponible en: Water Systems Control
221 North LaSalle Street
Chicago, IL 60601

35. **Water Treatment Plant Design**, preparado conjuntamente con la
American Water Works Association, Conference of State Sanitary
Engineers y American Society of Civil Engineers
Disponible en: Data Processing Department, AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235

36. **Water Treatment Plant Operators, Volume I**
Disponible en: Department of Civil Engineering
California State University, Sacramento
6000 J Street
Sacramento, CA 95810
916-278-6142

37. **Water Treatment Plant Operations, Volume II**
Disponible en: Department of Civil Engineering
California State University, Sacramento
6000 J Street
Sacramento, CA 95810
916-278-6142

38. **Water Quality and Treatment: A Handbook of Public Water Supplies:**
American Water Works Association, tercera edición,
McGraw-Hill, 1971.
Disponible en: Data Processing Department, AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235

Orden No. 10008

Material audiovisual de capacitación

Videos

1. Safe Handling of Chlorine
Disponibile en: AWWA – Technical Library – AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235
(Teléfono: 303-794-7711)
2. Anybody Can Do It (Precio: \$200)
Disponibile en: EPIC Productions
7630 Wood Hollow 237
Austin, TX 78731
3. Safe Handling of Chlorine
Disponibile en: AWWA – Technical Library – AWWA
6666 W. Quincy Avenue
Denver, CO 80235
(303) 794-7711
4. Working Together for Safe Water
University of Southern California Foundation for Cross-Connection
Control and Hydraulic Research (Precio: \$200 por video de 16 mm)
Disponibile en: Foundation for Cross-Connection Control and
Hydraulic Research, University of Southern California
KAP-200 University Park MC-2531
Los Angeles, CA 90089-2531

Diapositivas y cintas

1. Sanitary Surveys – Before you Begin.. Wells
2. Sanitary Surveys – Before you Begin.. Cross Connections
3. Sanitary Surveys – Before you Begin.. Storage
4. Sanitary Surveys – Before you Begin.. Hypochlorination and Groundwater
Disponibile en: NETA
3020 East Camelback Road, Suite 399
Phoenix, AZ 85016-4421
(602) 956-6099
5. Water Regulation Compliance Training
6. Introduction to the Safe Drinking Water Act and the Lead Contamination
Control Act
7. Surface Water Treatment Rule
8. Total Coliform Rule
9. Operator Training for the Total Coliform Rule

10. Transient Non-community Water System Regulations
11. Lead and Copper Regulations
12. Operator Training for the Lead and Copper Regulations
13. Inorganic and Organic Chemical Rules
14. Compliance and Enforcement
15. Safe Handling of Water Treatment Chemicals
Disponible en: AWWA – Technical Library
6666 W. Quincy Avenue, Denver, CO 80235
(Teléfono: 303-794-7711)
16. Handbook on National Primary and Secondary Regulations
Disponible en: NETA
3020 East Camelback Road, Suite 399
Phoenix, AZ 85016-4421
(602) 956-6099
17. Working Together for a Safe Water (video VHS - \$80)
Disponible en: Foundation for Cross-Connection Control and
Hydraulic Research
University of Southern California, KAP-200
University Park MC-253
Los Angeles, CA 90089-2531
(Teléfono: 213-740-2032)
18. Anybody Can Do It (video VHS - \$200)
Disponible en: EPIC Productions
7630 Wood Hollow 237
Austin, TX 78731
(Teléfono: 512-345-2563)
19. Cross-Connections: The Unseen Hazards”
Disponible en: EPIC Productions
7630 Wood Hollow 237
Austin, TX 78731
(Teléfono: 512-345-2563)
20. Water, Water Everywhere
Disponible en: (para préstamo) Los Alamos National Library,
Film Library (Linda Coller), Mail Stop P364
Los Alamos, NM 87545
(Teléfono: 505-667-4446)
(para compra) Los Alamos National Library,
IS Twelve, Mail Stop D415
Los Alamos, NM 87545
(Teléfono: 505-667-5161)