

CALIDAD DEL AGUA



**PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN
DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA Curso básico



CALIDAD DEL AGUA by [Sistema Biblioteca SENA](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License](#).

Creado a partir de la obra en <http://biblioteca.sena.edu.co/>

PRESENTACIÓN



CALIDAD DEL AGUA

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO

Fernando Araújo Perdomo Ministro

Martha Abondano Capella Viceministra de
Desarrollo Urbano

Carmina Moreno Rodríguez

Directora de Servicios Públicos Domiciliarios
Agua Potable y Saneamiento Básico

Asesoría y Asistencia Técnica Armando Vargas
Liévano

Cinara - Universidad del Valle

2ª Edición Ministerio de Desarrollo Económico,
1999

Impresión Sena Publicaciones

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA

Tulio Arbeláez Gómez Director

Hernando Ruiz López Director Formación
Profesional

Juanita Vélez Goyeneche

Jefe División Sector Comercio y Servicios

Asesoría Nora Baena Padilla

Diseño Metodológico - 1ª Edición

Convenio DNP - Cenagua 1990

Actualización Técnica y Pedagógica



PRESENTACIÓN

Este módulo se inscribe en las actividades de capacitación introductoria del Programa Nacional de Capacitación que lidera la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo Económico. El conjunto total de temáticas incluidas es el siguiente:

- ✓ Administración y finanzas de empresas prestadoras de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo,
- ✓ Control de la calidad del agua,
- ✓ Fontanería Municipal,
- ✓ Gestión comercial para entidades prestadoras de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo,
- ✓ Manejo y disposición de residuos sólidos municipales,
- ✓ Operación y mantenimiento de redes de acueducto y alcantarillado,
- ✓ Operación y mantenimiento de equipos electromecánicos de sistemas de acueducto y alcantarillado,
- ✓ Operación y mantenimiento de pozos profundos para acueductos -
Operación y mantenimiento de plantas de potabilización de agua,

Considerando el carácter introductorio del Programa, éste ofrecimiento se constituye en un primer elemento del proceso de certificación de aptitud profesional por parte del SENA. Las condiciones detalladas sobre el mismo serán fijadas por esta institución.

En ningún caso el contenido de los módulos agota la temática abordada ni exime de responsabilidad al facilitador quien, con su experiencia, debe adecuar o complementar los contenidos de acuerdo a un análisis del contexto específico en el cual se realiza el ofrecimiento. No puede ser lo mismo, por ejemplo, el conjunto de temas a abordar en la costa del pacífico y en la zona andina, considerando las diferencias radicales en condiciones sociales, culturales, topográficas y de opciones tecnológicas a implementar con la perspectiva de que sean sostenibles.



INTRODUCCIÓN

Una de las mayores preocupaciones de los acueductos Municipales y en general de todo el país, es la calidad del agua.

La Empresas de Acueducto y Alcantarillado, están regidas por normas de carácter nacional y por las normas emanadas de los municipios y en todas ellas, se consagra el derecho que tiene la persona a disfrutar de este servicio, siendo la calidad, tanto del agua como del suministro, uno de los puntos focales de la legislación.

El presente curso busca que los funcionarios encargados de cumplir con esta actividad obtengan y actualicen sus conocimientos sobre la calidad del agua y más exactamente, el control de su calidad en el acueducto.

Sabemos que usted es un funcionario interesado en que su trabajo sea excelente; de la calidad del agua depende la salud de las personas, este curso le permitirá mejorar sus conocimientos.

No está por demás informarles y sugerirles lo siguiente:

- El curso es eminentemente práctico; por ello deberá estar atento a todas las demostraciones que realice el facilitador.
- Después de observar y aplicar algunas de estas actividades, lea con toda atención cada capítulo hasta cuando este seguro de haber comprendido totalmente su contenido.
- Colabore con el buen desarrollo del curso mediante su participación, cumplimiento y atención a las actividades programadas.



DESTINATARIOS

El Programa Nacional de Capacitación y Certificación está dirigido al personal técnico (químico, laboratorista y operadores de planta) de aquellos municipios que de acuerdo con el decreto 2105 del Ministerio de Salud, están obligados a tener laboratorista para control de calidad del agua tratada.

Se considera necesario un nivel de escolaridad de educación media para la apropiación del material producido.

PROPÓSITO

Capacitar a los funcionarios que tienen a su cargo la responsabilidad del manejo de la calidad del agua y control del tratamiento, en las técnicas del laboratorio de acuerdo con lo dispuesto en el decreto No 475 de 1998. Actualización en técnicas de laboratorio para control de calidad final y control en el proceso de tratamiento. Vigilancia de todo el proceso para garantizar el suministro de agua potable en las comunidades que atienden.



TABLA DE CONTENIDO DEL MÓDULO

Capítulo 0.	Guía para el facilitador La calidad del agua
Capítulo 1.	
Capítulo 2.	Integralidad de los sistemas de agua y saneamiento El control de la calidad del agua
Capítulo 3.	
Capítulo 4.	Tratamiento de agua
Capítulo 5.	Desinfección
Capítulo 6.	Toma de muestras
Capítulo 7.	Procedimientos de análisis de laboratorio Preparación de soluciones y reactivos Diseño arquitectónico de un laboratorio Unidades de medida
Anexo 1.	
Anexo 2.	
Anexo 3.	Medidores de caudal
Anexo 4.	Apartes de la legislación vigente pertinente para el módulo
Anexo 5.	



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico



CAPÍTULO 0

GUÍA DEL FACILITADOR



PRESENTACIÓN

En este capítulo se realizan recomendaciones para la planificación y ejecución de cada evento. Se recomienda que el facilitador revise el módulo completo antes del ofrecimiento del curso-taller.

Contiene objetivos, metodología, evaluación, agenda de trabajo y recomendaciones pedagógicas y logísticas. El destinatario principal del Capítulo es el facilitador. Sin embargo, recomendamos su revisión por parte de los alumnos pues en el se consigna una metodología que requiere de su participación activa.

OBJETIVOS

Al finalizar este capítulo se espera que el lector este en capacidad de:

- Reconocer y aplicar una metodología participativa para el ofrecimiento del módulo.
- Proponer una agenda de curso para cada contexto específico, usando como base la propuesta en este capítulo.

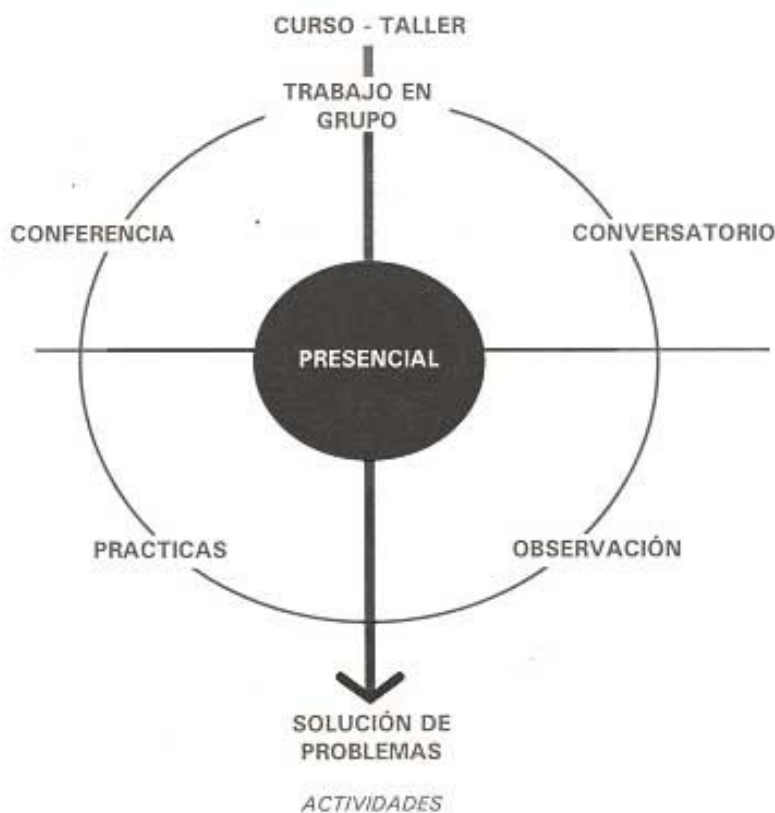


METODOLOGÍA PROPUESTA

Énfasis metodología y técnicas didácticas

La capacitación se realiza en la modalidad de curso-taller, apuntando a la solución de problemas específicos; se privilegian el trabajo en grupo y el conversatorio en plenaria sobre la conferencia, se sugiere usar técnicas como la pintura dactilar, el sociodrama. Las actividades de campo son esenciales y combinan la observación, demostraciones y aplicaciones (prácticas de *campo* y de *laboratorio*). Ver figura No. 1. Las observaciones se llevan a cabo sobre situaciones preferiblemente reales. Permiten establecer el conocimiento del objeto de estudio con el aporte de la experiencia previa del participante. Las demostraciones se llevan a cabo en situaciones similares, pedagógicamente adecuadas y constituyen una prolongación de la observación. Las aplicaciones se llevan a cabo alrededor de situaciones simples asimilables para operar con conceptos o habilidades.

La solución a problemas constituye la instancia de integración y promueve las actividades previas alrededor de situaciones preferiblemente reales o de alta complejidad simulada.



EVALUACIÓN

En lo que se refiere al aprendizaje de los alumnos, el facilitador evaluará con ellos el cumplimiento de los objetivos en la medida en que se avance con cada temática. Enmarcados en el propósito de generar autonomía, se hará énfasis en la autoevaluación.

Se recomienda que el facilitador incluya como indicadores para la evaluación:

- La asistencia a las actividades programadas,
- La participación cualificada y
- El desarrollo adecuado de los trabajos prácticos.

Aunque es indispensable que los participantes diligencien los formatos de evaluación, se recomienda que el facilitador genere condiciones para la evaluación oral, desde luego sistematizando los resultados.

PROGRAMA SUGERIDO

Se incluye a continuación un programa tipo. Sin embargo, la agenda debe ser modificada por el facilitador según la problemática específica de cada región, el perfil y experiencia de los participantes en el curso. Es decir, las temáticas a ser abordadas en *cada* ofrecimiento, su duración y secuencia están determinadas por las necesidades de los participantes y deben ser concertadas con estos por el facilitador.

Para efectos de concretar lo anterior y poner en operación las recomendaciones al facilitador (ver ítem correspondiente en este capítulo), se sugiere que todos los ofrecimientos inicien con una actividad en la cual se concerté la agenda y terminen con un plan de acción individual - o por localidad - que permita a los participantes evidenciar la apropiación respecto de la temática abordada y su utilidad práctica.



Curso Introductorio sobre:
CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Hora	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
8:00	- Apertura del evento - Reconocimiento de los participantes e identificación de los problemas típicos de la región.	TRATAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA (Cap 3, 4) - Práctica de Campo - Inspección sanitaria, componentes aguas arriba de la planta.	TOMA DE MUESTRAS Y PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO (Cap. 6, 7 y Anexos 1, 2, y 3) - Práctica de Campo - Toma de muestras	TOMA DE MUESTRAS (Cap. 6)	CONTROL DEL DATO Exposición
10:00 receso					
10:15	Concertación de la agenda (1)	Identificación de unidades de tratamiento y sitios de muestreo	Análisis de laboratorio	DESINFECCIÓN (Cap 5) - Práctica de campo - Identificación de equipos	LEGISLACION EN CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA (anexo 4)
12:15 almuerzo					
2:00	- Conceptos básicos sobre Abastecimiento de Agua y Saneamiento (Cap. 1 y 2) - Integralidad - Sostenibilidad	- Exposición y discusión de conceptos - Inspección sanitaria (Cap. 3)	- Exposición y discusión de conceptos - Parámetros básicos para el Control de la Calidad del Agua (conceptualización, identificación y determinación (Cap. 7 y 1))	Determinación	Plan de Acción Local
4:00 receso					
4:15	Conceptos básicos: Vigilancia y Control de la Calidad del Agua con participación comunitaria (cap 3)	Tratamiento del Agua (cap 4)		Exposición y discusión de conceptos (Cap 5)	
6:00	Evaluación diaria	Evaluación diaria	Evaluación diaria	Evaluación diaria	Síntesis general del curso, evaluación final y clausura

- Después de este análisis el facilitador y los participantes deciden los énfasis. Es muy importante definir los sitios de práctica. En este momento puede decidirse solo mencionar los aspectos mas relevantes de ciertos temas que no tengan aplicación



RECOMENDACIONES PARA LA CONCERTACIÓN DE LA AGENDA

Previo a su desplazamiento, Usted debe considerar como insumos:

- Este módulo y particularmente la agenda tipo presentaba
- Su experiencia con la región donde va a realizarse el evento.
- Documentos institucionales sobre la región, especialmente sobre la situación respecto del objeto de trabajo.
- Información sobre número y perfil de participantes y posibilidades locativas.

Concertación de la agenda: Al iniciar el evento desarrolle una actividad que le permita conseguir este producto y paralelamente reconocer e integrar el grupo de participantes. Para esto se sugieren los siguientes pasos.

- Identificación de los problemas típicos de la región.
- Prefiguración de los resultados mínimos esperados en consecuencia con los problemas identificados.
- Concertación de la agenda.

¿Cómo hacerlo?

Existen múltiples maneras de lograr estos productos. Se sugiere que trabaje con la que usted se sienta más cómodo, pero sobretodo con aquella que haya vivenciado. Hay técnicas como la pintura dactilar y el sociodrama que son recomendables, pues permiten reconocer fácilmente aspectos como nivel de los participantes, situación de las localidades respecto de la temática particular, problemas de relaciones, grado de autoestima y autonomía de los participantes.

Se recomienda que el proceso parta de la experiencia de cada persona, continúe con el intercambio en pequeños grupos y culmine con la socialización en plenaria. El facilitador debe estar atento a recoger y sistematizar en lugar visible para todo el grupo, los resultados de cada uno de los pasos mencionados. En la página siguiente se muestra un ejemplo.



Pasos sugeridos para la concertación de la agenda *

1. Identifique los problemas con los participantes

- No existe claridad en los conceptos de calidad del agua, control y vigilancia
- Las inversiones no corresponden a las necesidades reales
- No se realiza control de la calidad de las pruebas, es decir, control del dato
- La cloración no es controlada
- Pobre fundamentación básica (lógica y matemática, química y microbiología)
- No se integra abastecimiento de agua, saneamiento y educación en higiene
- No se maneja el concepto de sostenibilidad
- La legislación es inapropiada para la diversidad regional y falta credibilidad en la misma



2. Concerte los resultados mínimos esperados del evento

- Identificar el riesgo como eje de la labor e implementar acciones para anticiparlo y minimizarlo
- Identificar y caracterizar los aspectos que tienen que ver con la calidad del agua y sus relaciones
- Identificar parámetros mínimos para valorar la calidad del agua y aplicar las técnicas pertinentes
- Solucionar los problemas con recursos propios
- Reconocer la actividad del control de la calidad del agua en un marco de integralidad
- Valorar el trabajo realizado
- Identificar la relación existente entre calidad del agua y calidad de vida



3. Acuerde la agenda de trabajo

DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5
· Apertura · Concertación agenda	· Inspección sanitaria	· Tratamiento del agua · Desinfección del agua	· Control de la calidad del agua · Parámetros exigidos para el control de la calidad del agua (conceptualización, identificación y determinación)	· Legislación en control de la calidad del agua · Plan de acción local
· Sostenibilidad/ integralidad/ participación comunitaria/ calidad/ control/ vigilancia (conceptos)	· Toma de muestras	· Parámetros básicos para el control de la calidad del agua (conceptualización, identificación y determinación)	· Control del dato	· Plan de acción local (continuación) · Evaluación y clausura

* Los pasos se ilustran con un ejemplo del módulo "Control de la Calidad del Agua", perteneciente también al Programa.



RECOMENDACIONES PEDAGÓGICAS

La lectura del documento "Marco teórico para el diseño pedagógico y recomendaciones generales", producido por Cinara en desarrollo de este contrato, permite concluir sobre el perfil deseable que el facilitador debe tener para implementar el programa. No se ha profundizado en su conocimiento, habilidades y destrezas sino en su actitud frente al trabajo, respecto a las primeras dimensiones basta decir que ojalá el facilitador no solo sepa "decir" sobre los temas que se aborden, sobre todo debe saber "hacer" lo que enseña.

Señor facilitador:

- *Parta siempre del saber de las personas, considere que la experiencia de ellos es el insumo fundamental del proceso educativo,*
- *Privilegie el desarrollo de actitudes positivas sin perder de vista logros en la apropiación de conceptos y el desarrollo de las habilidades y destrezas que se consideren necesarias,*
- *Promueva la autonomía de las personas usando el ambiente de aprendizaje como oportunidad para que el participante tome decisiones responsables, considerando sus intereses y los de la comunidad en general,*
- *Céntrese en las personas y en promover su participación activa, privilegie espacios democráticos de relaciones horizontales como el taller, el conversatorio, etc.,*
- *Aborde la actividad educativa como una oportunidad que usted tiene para aprender. Juegue su rol de facilitador o guía, sin abandonar la responsabilidad de transferir su conocimiento específico,*
- *Parta de problemas concretos de las personas involucradas en el proceso y busque con ellas alternativas de solución que puedan poner en práctica inmediatamente,*
- *Afirme la identidad cultural, haciendo conciencia a los participantes de su pertenencia a la comunidad y el compromiso de trabajo que esto genera.*



RECOMENDACIONES LOGÍSTICAS

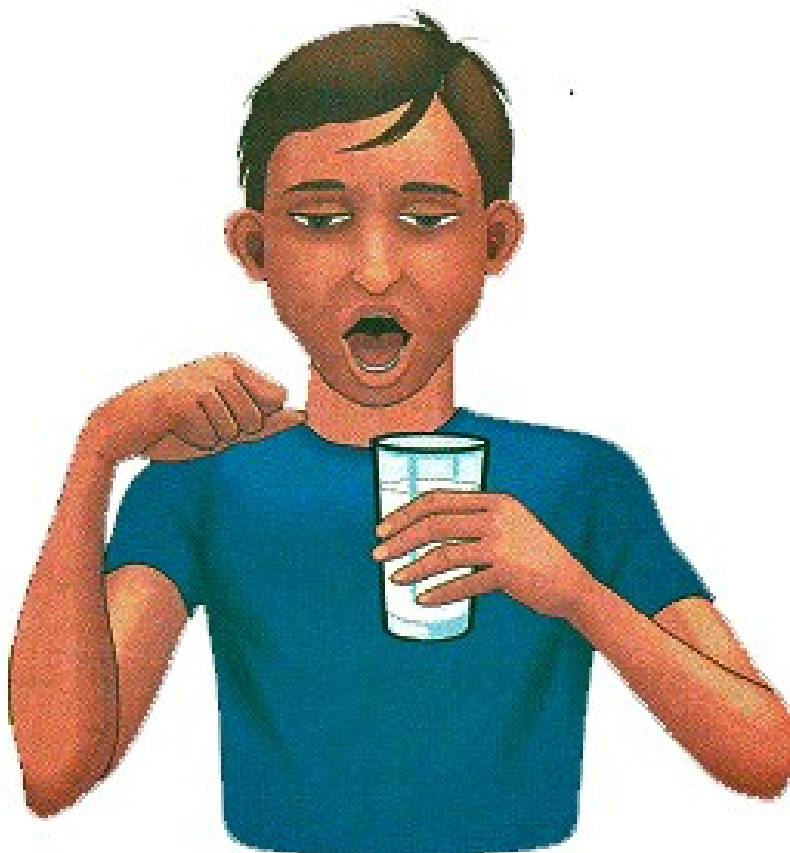
En muchas ocasiones el cumplimiento de los objetivos previstos se pone en riesgo debido a aspectos logísticos. Considerando experiencias anteriores nos permitimos realizar las siguientes sugerencias:

- *Asegúrese que se envía a tiempo y con los requerimientos necesarios, una comunicación para la convocatoria que incluya perfil de los participantes y confirmación sobre los aspectos logísticos del taller (equipos, materiales requeridos, características del salón según estrategias pedagógicas, número y características de sillas, mesas de trabajo-etc.). Previo al evento haga un directorio de los contactos en la región y verifique con ellos el cumplimiento de las actividades.*
- *Lleve programas del curso en cantidad suficiente.*
- *Asegúrese de desplazarse con el material didáctico de apoyo: videos, acetatos, documentos, lecturas cortas (considere fotocopias para trabajar en pequeños grupos).*
- *Prepare y entregue un presente a los participantes que refuerce su identidad cultural y los introduzca lúdicamente en el tema: poemas o lecturas cortas sobre mitología del agua en la región.*
- *No olvide los formatos de evaluación que han sido aprobados para el programa. Estos son claves para la sistematización de la experiencia.*
- *Haga diligenciar una tabla que permita identificar claramente los participantes y la forma de contactarlos (Nombre/ institución/ oficio/ dirección/teléfono/fax/correo electrónico).*
- *Diseñe por aparte una tabla en la cual se consignen los nombres de personas que conformarían comités especiales a partir del evento.*
- *Haga diligenciar diariamente formatos de asistencia.*
- *Concerte el texto de los certificados de asistencia al taller con las instituciones involucradas.*
- *Entregue una nota de agradecimiento a las instituciones que organizan el evento en las regiones, antes de regresar a su base de trabajo.*
- *Haga su informe del curso inmediatamente después del ofrecimiento.*



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico



CAPITULO 1 CALIDAD DEL AGUA



TABLA DE CONTENIDO

	Pag
LA CALIDAD DEL AGUA	21
LAS FUENTES DE AGUA	21
PROCEDENCIA DEL AGUA PARA EL CONSUMO	21
Agua Atmosférica.....	22
Agua Superficial	23
Aguas Subterráneas	25
LAS CUENCAS PRODUCTORAS DE AGUA	25
ESTADO NATURAL Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	27
COMPOSICIÓN DEL AGUA	28
CONCEPTOS ASOCIADOS A LA CONDICIÓN DEL AGUA	28
CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	29
Características físicas del agua	29
Características químicas del agua	31
Características bacteriológicas	34



PRESENTACIÓN

Con el fin de comprender los conceptos relacionados con el control de la calidad del agua, es necesario conocer las características, propiedades y procedencia del agua.

En este capítulo se presentan de manera sencilla y concreta los conceptos básicos sobre el agua, que serán aplicables al curso.

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este capítulo, el alumno estará en capacidad de:

- Describir las fuentes de agua en la naturaleza.
 - Determinar la importancia del control de la calidad del agua.
- Identificar las características físico - químicas y bacteriológicas del agua.

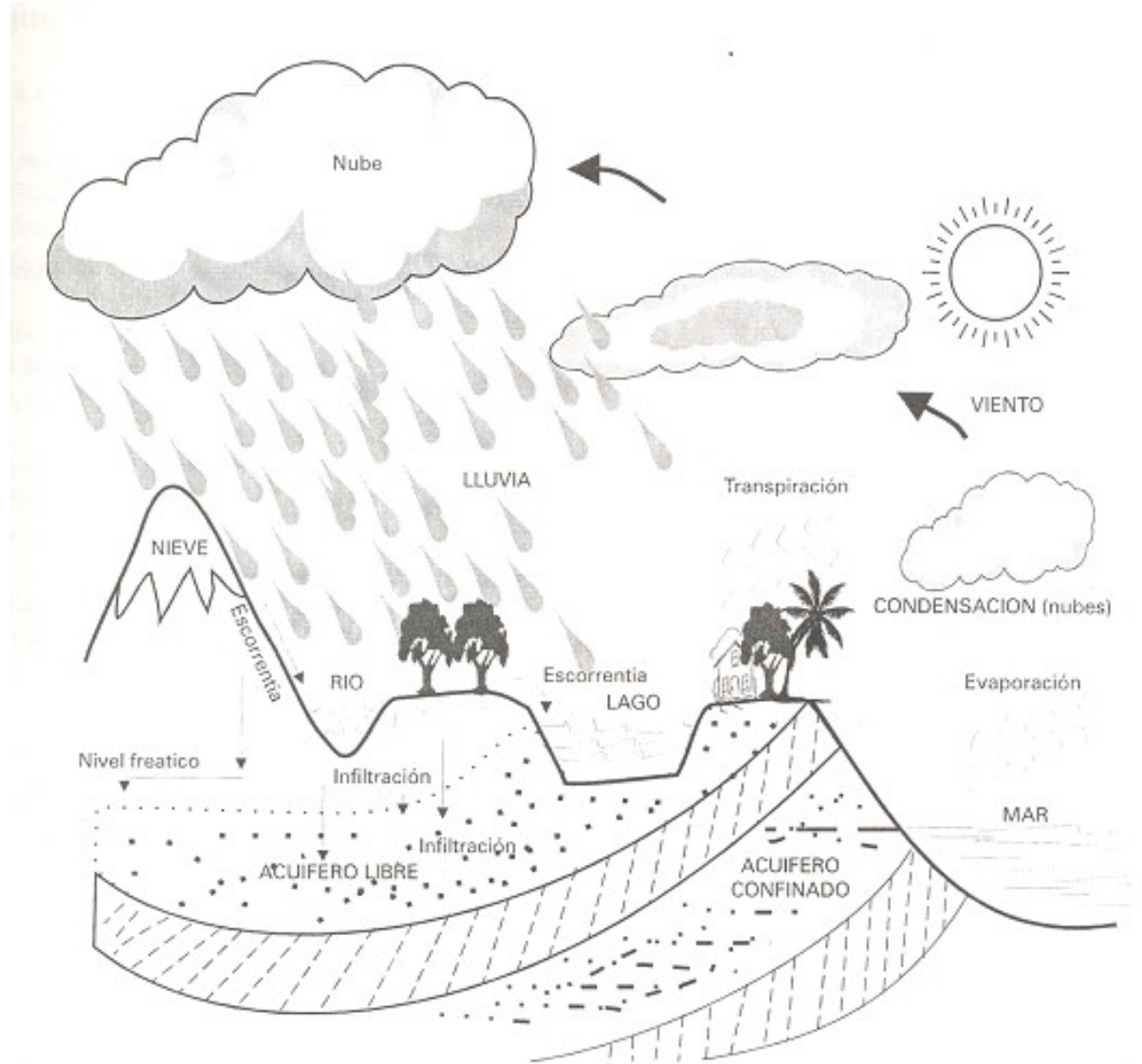




LA CALIDAD DEL AGUA

LAS FUENTES DE AGUA

PROCEDENCIA DEL AGUA PARA EL CONSUMO



Las fuentes de agua disponibles para consumo humano, industrial, agrícola y otros, se encuentran en la mayoría de las regiones del país, siendo consideradas como una riqueza hidrológica de gran importancia. Muy rara vez se emplea tal y como se encuentra por las impurezas que recoge en el aire, en la superficie o en el suelo. Las aguas naturales forman parte de un ciclo continuo, conocido como ciclo hidrológico, según la figura 2.

Se presenta en la forma de:

Agua Atmosférica - Agua Superficial Agua Subterránea

Agua Atmosférica

La encontramos en forma de:

- Vapor de agua
- Líquido suspendido
- Lluvia
- En estado sólido (nieve, granizo)

Retorna a la atmósfera a través del proceso de evaporación

- De la vegetación.
- De la superficie del suelo.
- De los ríos, lagos y del mar.

El vapor de agua es transportado por el aire; se condensa formando las nubes y de las nubes, retorna a la tierra en forma de lluvia



Al llegar a la tierra se dispersa de varias maneras:

- Es retenida temporalmente por el suelo.
- Otra parte regresa a la atmósfera.
- Otra parte recorre por la superficie (escorrentía) hasta llegar a los ríos, lagos o el mar.
- La parte restante penetra en el suelo para hacer parte del agua subterránea.
-

A medida que se desplaza por la atmósfera se le incorporan otros elementos y materiales:

- Absorbe gases como oxígeno y anhídrido carbónico (CO_2)
- Arrastra partículas de polvo, humo, bacterias, esporas e impurezas.

Estas aguas se caracterizan por lo siguientes aspectos:

- Carencia de sales
- Abundancia de oxígeno
- Altos contenidos de CO_2

Agua Superficial

Está constituida por:

Aguas en movimiento o corrientes naturales.

- Ríos
- Arroyos
- Esteros

Aguas en reposo relativo

- Lagos
- Lagunas

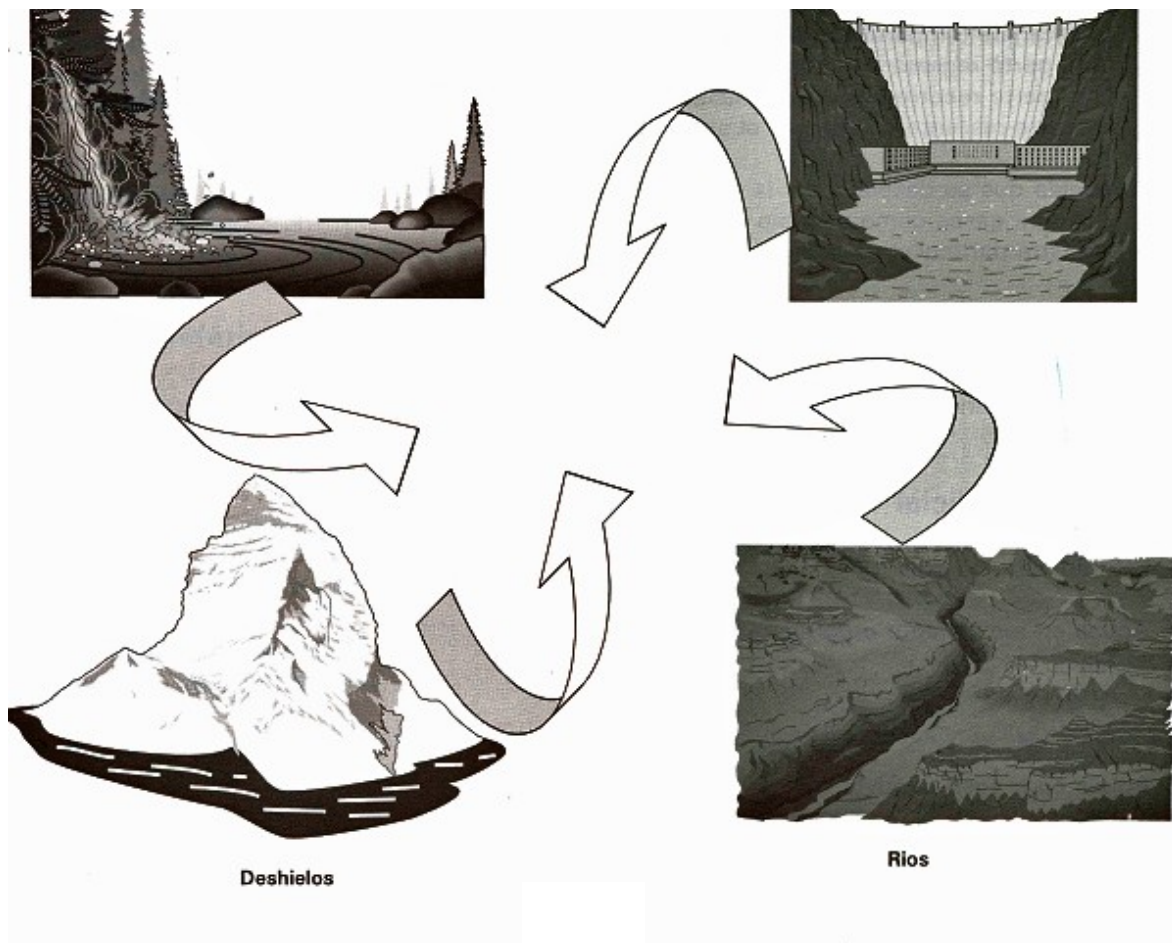
Aguas en estado sólido

- Nieve
- Hielo

Al fundirse presentan las mismas características de las aguas lluvias y al escurrirse a través de la corteza terrestre toman las propiedades del agua superficial o subterránea según el caso.

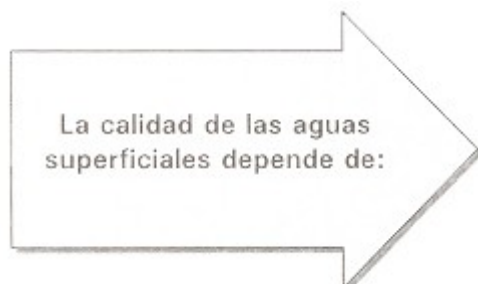


Aguas Superficiales		
Lluvias	Derretimiento de hielo y nieve	Afloramiento del agua subterránea



Las aguas superficiales están sujetas a contaminación por acción del hombre y pueden transformarse en nocivas e inapropiadas para el consumo y uso.

- Características del suelo



- Tipo de vegetación
- Suelo por donde corre (arcillosos causan turbiedad)
- Contaminantes varios.
- Algas (lagos y embalses)



Aguas Subterráneas

Las aguas subterráneas se presentan en dos formas:

- Aguas lluvias que se infiltran.
- Otra parte de las aguas que no se infiltran, corre verticalmente hasta encontrar una parte

impermeable desplazándose horizontalmente.

Cuando sube el nivel de agua se forma un manto de agua freática que corre como un río interior, en busca de salida brotando en forma de manantial. Estas aguas generalmente son clara~ sin olor y más duras que las aguas superficiales. Sus características químicas dependen de la tierra adyacente y de la profundidad (calcio, magnesio, hierro).

De todas las fuentes descritas, atmosférica, superficial, subterránea, procede el agua para el consumo y el uso; así que los acueductos toman el agua de la fuente más cercana y más apta para su tratamiento, bien sea de las aguas superficiales a través de una bocatoma, de las aguas subterráneas extrayéndolas por bombeo, de las aguas lluvias o del mar. Luego se conducen a las plantas de tratamiento para ser procesadas. Una vez tratada, el agua es sometida a un control de calidad para garantizar la potabilidad de la que se entregará a los municipios y las ciudades.

LAS CUENCAS PRODUCTORAS DE AGUA

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la cual el agua vierte a través de un sinnúmero de corrientes, cuyos caudales son recogidos por un colector común que sirve de eje a la zona. Los límites son las partes más altas y se denominan divisorias o divorcios de agua, por ser estos puntos una línea de separación con las cuencas adyacentes. Consideradas desde el punto de vista ecológico, las cuencas productoras de agua, son un conjunto de recursos naturales en equilibrio que determinan el ciclo hidrológico en el cual intervienen los componentes de la cuenca como son la vegetación, la fauna, el suelo, el subsuelo, las condiciones climáticas y el agua ..

Es necesario que los administradores de los acueductos estén atentos a minimizar la contaminación del agua en toda la cuenca y los sitios cercanos a las bocatomas y en esta función de atender los problemas de las microcuencas e inspeccionarlas y advertir a los habitantes sobre los cuidados que deben tener para evitar su contaminación de ser necesario se implantará una sanción a los infractores que atenuen contra la conservación del agua.



Los problemas más frecuentes que se presentan en las microcuencas y que causan desequilibrio hídrico son originados principalmente por:

Mal manejo de los suelos:

- Con deforestación y quemas.
- Sobrepastoreo.
- Agricultura intensiva sin rotación.
- Drenaje inadecuado de las fuentes.
- Cultivos en pendientes acusados.
- Mecanización.
- Tala incontrolada.

Problemas sociales:

- Tugurización: sin alcantarillado
- Construcción de vivienda en áreas inestables
- Deficiente manejo de los residuos y desechos domésticos
- Obras civiles, mal planeadas, cuyos sobrantes se van por el drenaje más cercano.
-

Contaminación:

- Industrial, que proviene de las fábricas
- Agroquímicos y pesticidas
- Vertimiento de aguas residuales
- Emisión de humos, gases, partículas
- Un medio urbano rural que altera las corrientes de agua.
- Explotación minera inadecuada.



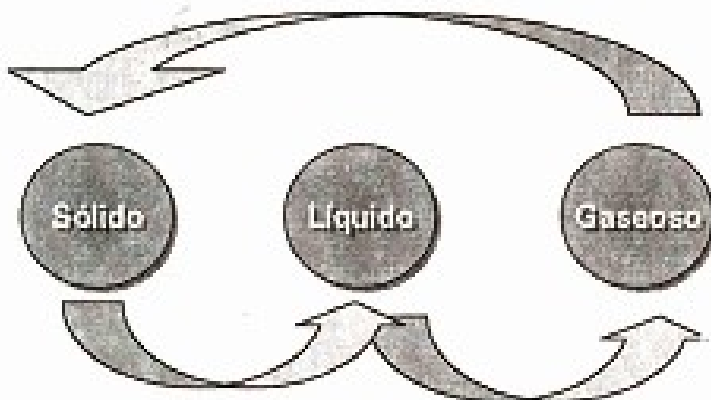
Los efectos más conocidos son:

- Erosión con impacto de sedimentación
- Disminución de caudales en quebradas y ríos, lo que afecta el servicio público de acueducto.
- Deterioro de la calidad del agua
- Enfermedades (El cólera, tifoidea, disentería, hepatitis, amibiasis etc.).

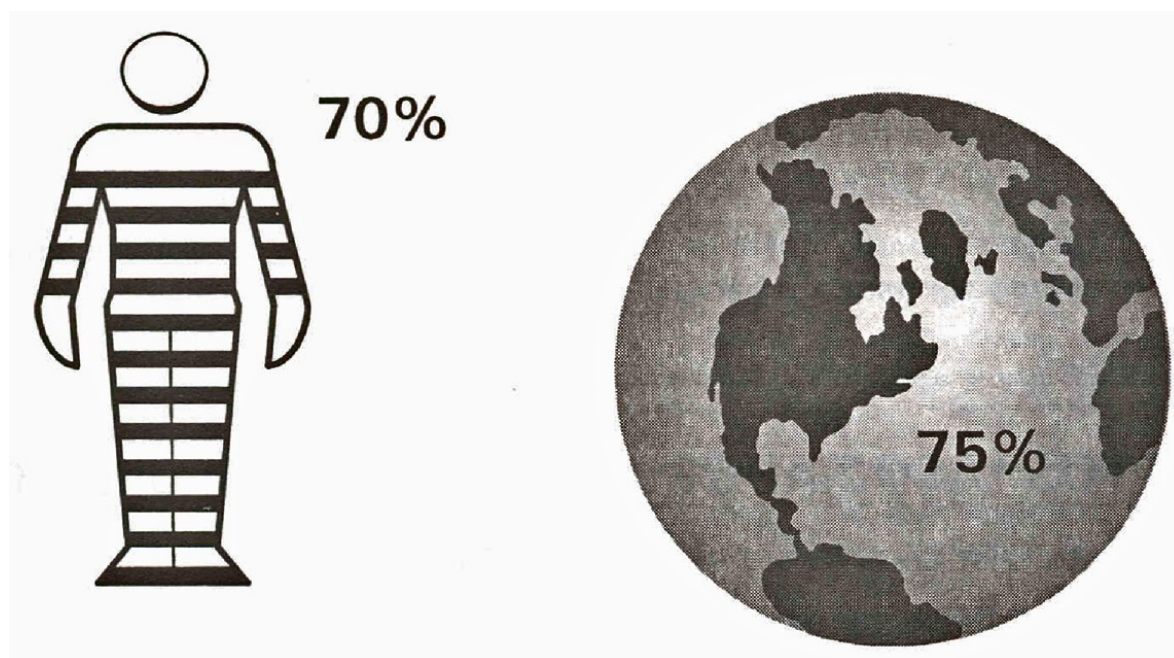


ESTADO NATURAL Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

El agua es tal la sustancia química más conocida, sobre ella tenemos información de muy variada naturaleza.



Es el compuesto más abundante y más ampliamente distribuido en la naturaleza; cubre las % partes de la superficie de la tierra. Se encuentra en forma: Sólida, Líquida y Gaseosa. **El 70%** del cuerpo humano es agua y constituye el 83% de la sangre. Ayuda a digerir los alimentos ingeridos, transporta los residuos dentro del organismo, mantiene la temperatura corporal y ayuda a lubricar las articulaciones.



Constituye gran parte de la materia viva:

En el hombre representa aproximadamente el 70% del peso total de su cuerpo.

Sin la presencia de agua en los organismos vivos es imposible que se verifiquen muchas reacciones indispensables para la vida.

Históricamente, el agua ha tenido gran influencia en el desarrollo de las ciudades, del transporte, la agricultura, la industria, para la limpieza y como solvente para muchos reactivos y también es empleada como materia prima

El uso de agua es muy amplio, pues en la vida diaria es indispensable como bebida, para preparar los alimentos, en la limpieza y en infinidad de actividades productivas.

En la solución de problemas masivos, producción de electricidad, vapor, entre otras.

COMPOSICIÓN DEL AGUA

El agua es un compuesto de dos elementos: Hidrógeno y Oxígeno y se representa por la formula H_2O , la molécula del agua está constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. El átomo es la parte más pequeña de la materia. La molécula es una asociación de dos o más átomos, fuertemente ligados entre sí formando una unidad. La atracción existente entre dos átomos se denomina enlace químico.

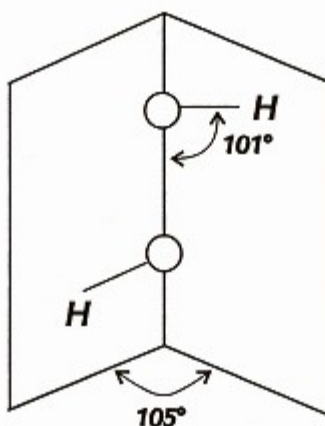


Figura 8. Molécula del Agua y Disposición de los Átomos

En la figura anterior se puede observar la molécula del agua y la disposición de los átomos sobre el mismo plano formando un ángulo de 105° .



CONCEPTOS ASOCIADOS A LA CONDICIÓN DEL AGUA

A continuación se definen los conceptos correspondientes a las condiciones en la cuales se encuentra el agua y que serán de uso frecuente en los capítulos siguientes:

Agua cruda

Es aquella que no ha recibido tratamiento alguno, como el agua de los ríos, de una quebrada, de un manantial o de un acueducto donde no se ha realizado ningún procedimiento de potabilización.

Agua tratada

Es agua sometida a un tratamiento después de ser captada. Es el agua que recibe tratamiento en una planta, alterando el estado físico - químico y bacteriológico mediante la adición de coagulantes y/o desinfectantes para eliminar las impurezas y las bacterias que contiene.

Agua potable

Es el agua que no implica ningún riesgo para la salud del consumidor y no produce daños en los bienes materiales.

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

El agua es una sustancia incolora, inodora e insabora. Sin embargo el agua, no siempre se presenta así: estas propiedades pueden ser alteradas, en cuyo caso no sería apta para el consumo. El agua considera potable si cumple con los requisitos y normas relativas a las características físicas, químicas y bacteriológicas.

Características físicas del agua

El aspecto físico del agua se considera por su apariencia, la cual puede ser percibida por los sentidos.

Las características físicas del agua son:

- Turbiedad
- Color
- Temperatura
- Olor
- Sabor
- Turbiedad



El agua que se Suministra a una comunidad debe ser Clara y Cristalina

La turbiedad es el efecto óptico causado por la dispersión y absorción de los rayos luminosos que pasan a través del agua que contiene pequeñas partículas en suspensión. Puede ser causada por el cieno o fango extraído del suelo, por escurrimientos superficiales que contienen materia suspendida orgánica y mineral.

La turbiedad puede presentarse también por:

- Arcillas, sílice, azufre.
- Por carbonato de calcio precipitado en las aguas duras.
- Por el hidróxido de aluminio en las aguas tratadas.
- Por el hidróxido férrico.
- Por organismos microscópicos.

La turbiedad del agua se determina a través de un turbidímetro, el cual está formado por una fuente de luz; un sistema de lectura de la luz que pasa a través del agua contenida en un recipiente blanco transparente o de la luz que dispersan las partículas, y una escala de medida. Se expresa en unidades nefelométricas o en unidades de turbiedad.

La legislación vigente fija los siguientes valores de la turbiedad para el agua que se suministra a una comunidad:

Valor deseable: ≤ 1 UTN
Valor admisible: ≤ 5 UNT

El agua que se suministra a una comunidad debe ser Incolora

El color del agua es ocasionado generalmente por la presencia de material colorante, de los humos de los bosques, de la materia vegetal de los pantanos y de áreas de poca profundidad. Este material colorante está formado por compuestos de humus y de ácido tánico, los cuales originan el color amarillento característico de las aguas superficiales.

Tipos de Color

Color verdadero: Es el que está presente en el agua después de remover la materia suspendida.



Color aparente: Es el color verdadero más cualquier otro color que produzcan las sustancias en suspensión.

El color se determina por la comparación de la muestra con patrones previamente valorados.

Se expresa en unidades de color ó unidades platinocobalto. UPC la legislación vigente fija los siguientes valores, color para el agua que se suministra a una comunidad:

Valor deseable: 5 UPC
Valor admisible: $\leq$ 15 UPC

Temperatura

Es importante por el efecto sobre las propiedades físicas, afecta la velocidad las reacciones químicas y la solubilidad de los gases, amplía sabores y olores del agua y determina el desarrollo de los organismos presentes.

Se determina con un termómetro y se expresa en grados centígrados (CC).

Olor y Sabor

El agua que se Suministra a una comunidad debe ser Inodora e Insabora

Olor

Las impurezas orgánicas disueltas producen olores y sabores indeseables, que son difíciles de evaluar por su naturaleza sugestiva. Los olores en el agua son debidos a pequeñísimas concentraciones de compuestos volátiles. La intensidad y lo ofensivo de los olores varía con el tipo; algunos son de tierra y moho, mientras que otros son putrefactos, producidos por la polución con desechos industriales, tales como FENOI y los derivados del petróleo.

En las aguas superficiales el olor es causado por el plancton; estos organismos desprenden pequeños vestigios de aceites esenciales volátiles.

Sabor

Las sales metálicas como la del cobre, el zinc o el hierro causan sabores metálicos. El sabor está relacionado con el olor y es causado por las mismas condiciones.

La materia mineral disuelta causa sabor en el agua. Los cloruros y sulfatos mayores a 250 mg/lit (miligramos por litro). hace que 'el agua tenga sabor salado.



El sabor es una medida de aceptación del agua por el consumidor. Un sabor metálico o salino puede indicar contaminación en el abastecimiento de agua.

Características químicas del agua

Se relaciona con los compuestos químicos disueltos en el agua y que pueden modificar sus propiedades. Las características químicas más comunes que se determinan en el laboratorio de la planta de un acueducto para el control de la calidad del agua, son:

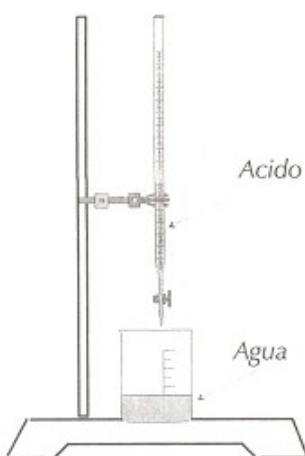
- Acidez
- Alcalinidad
- pH
- Dureza
- Hierro
- Cloro Residual
- Sulfatos

Acidez

La acidez del agua es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas (H^+) presentes. Se *expresa* como partes por miligramos por litro de carbonato de calcio equivalente ($CaCO_3$).

La acidez mineral o acidez fuerte se da cuando el pH es *menor* de 4.3 produciendo malos olores y sabores.

La acidez débil se encuentra cuando el pH del agua está entre 4.3 y 8.3. Este tipo de acidez no tiene ningún efecto en la salud pero trae problemas de corrosión en las tuberías. La acidez desaparece en el agua cuando el pH es mayor de 8.3.



Alcalinidad

Es la capacidad que tiene un agua para reaccionar con un ácido. Se debe frecuentemente a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

En las aguas naturales se debe a la disolución de rocas calizas que aportan bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos de calcio, magnesio, sodio, hierro y otros elementos.

Cuando el pH del agua es mayor a 8.3 se debe a la presencia de hidróxidos en el agua y de algunos carbonatos.

Si el pH del agua está entre 4.3 y 8.3 la alcalinidad se debe a bicarbonatos y carbonatos.

Cuando el pH del agua es menor de 4.3 no hay alcalinidad.

Se expresa como miligramos por litro de (CaCO_3) carbonato de calcio.

pH (pehache)

Valor admisible: $6.5 > \text{PH} < 9.0$
--

El agua siempre se ioniza en pequeñas proporciones, produciendo tanto iones hidrógeno como iones hidróxilo. El pH es la forma de medir el ion de hidrógeno (H^+) o el ion de hidróxilo (OH^-). El pH es igual al logaritmo en base 10 del inverso de la concentración del ion hidrógeno:

$$\text{pH} = \text{Log } 1/[\text{H}^+]$$

$$\text{pH neutro} = 7$$

$$\text{pH ácido cuando es menor de } 7$$

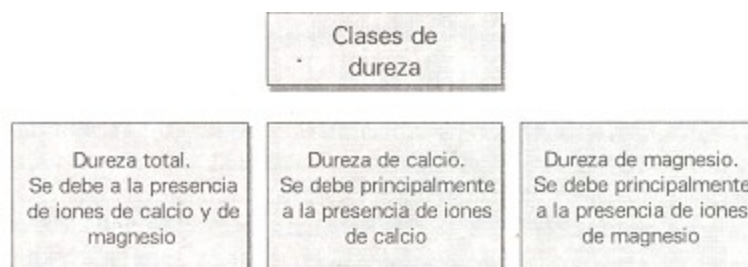
$$\text{pH alcalino cuando es mayor de } 7$$

El pH se determina por la comparación colorimétrica o por potenciometría, y se expresa en unidades de pH.

Valor admisible: $< 260 \text{ mg./lt como } \text{CaCO}_3$

La dureza del agua se debe a la presencia del calcio, magnesio principalmente y se manifiesta en el agua porque reacciona con el jabón sin disolverlo ni producir espuma.





La dureza también es temporal, cuando hay presencia de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio e hidróxidos.

La dureza es permanente cuando encontramos principalmente sales de calcio, manganecio, manganeso y hierro.

La dureza la expresamos en miligramos por litro de carbonato de calcio.

Hierro

Valor admisible: Menor de 0.3 mg/lit. Como Fe

La presencia de hierro en el agua es objetable no desde el punto de vista fisiológico sino, en términos generales, desde el punto de vista estético, de sabor, y aún de olor. Al oxidarse el hierro deja sobre la ropa blanca y sobre los artefactos de porcelana esa mancha típica amarilla rojiza desagradable y difícil de remover. También le imparte al agua el color característico que resulta desagradable para ser usada en fines domésticos generales, incluyendo el consumo humano.

En las aguas crudas la determinación del Hierro Ferroso y/o el Hierro Total se hace con el fin de determinar la clase de tratamiento que debe hacerse al agua. En las aguas tratadas para comprobar la eficacia del tratamiento. En las muestras que se toman de la red, la determinación de hierro puede servir como base para demostrar el efecto corrosivo que el agua puede estar teniendo sobre las redes y sobre las instalaciones metálicas del sistema de distribución.

Cloro Residual

Valor admisible: entre 0.2 y 1.0 mg/lit. Como cloro residual libre
--



La cloración en los abastecimientos públicos de agua presenta el proceso más importante para la obtención de agua adecuada para el consumo humano. La desinfección es la eliminación parcial o total de los microorganismos presentes en el agua. La eficiencia de la cloración depende de:

- La dosis de cloro que se adiciona al agua.
- El tiempo de contacto del cloro con el agua.
- La temperatura del agua.
- La calidad del agua.
- El pH del agua

La dosis de cloro se determina mediante el ensayo de la demanda de cloro. Debe prestarse primordial atención a la cuidadosa selección y operación del equipo clorador, el cual debe satisfacer las necesidades del abastecimiento de agua. El cloro puede aplicarse como gas o como solución, ya sea solo o como otras sustancias químicas como los hipocloritos. Esta aplicación depende especialmente del equipo disponible en cada una de las instalaciones en particular.

Sulfatos

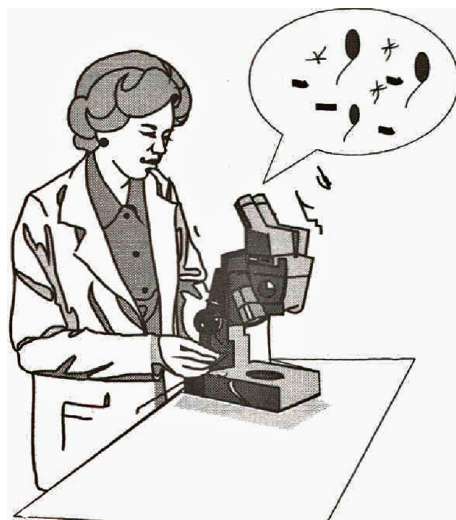
Valor admisible: < 250 mg/lit.

Por regla general, todas las aguas naturales contienen sulfatos, estos provienen de los suelos que son ricos o que contienen cantidades apreciables de yeso y minerales similares. El ciclo biológico del azufre y los sulfatos también pueden existir en el estados de oxidación de la materia orgánica, pero ellos a su vez servirían de fuente de energía a cierto tipo de bacterias que usan el elemento en su metabolismo. Los sulfatos en fuentes superficiales pueden provenir también de contaminaciones por residuos industriales como las curtiembres, plantas electrolíticas, industrias textiles o en industrias que usen sulfatos, ácido sulfúrico o sus derivados.

Los límites de sulfatos que pueden darse par aguas destinadas a consumo humano se basan no solamente en factores del gusto desagradable que pueden producir, sino también en los efectos laxantes que éstos pueden tener. El límite que parece ser el más aceptado es el de 250 mg/lit. aunque algunas comunidades usan aguas con índices de sulfatos por encima de esto límites sin que se presenten efectos adversos notorios.



Características bacteriológicas



La variedad de bacterias existentes están distribuidas en la naturaleza y las que hay en el agua tienen fundamental importancia sanitaria. El agua puede contener parásitos, bacterias, virus y protozoos que se descargan en el agua con los desperdicios del tipo animal y humano, debido a la costumbre del hombre de arrojar sus residuos a la corriente de agua más cercana.

Encontramos en el agua, bacterias patógenas que causan enfermedades al hombre y a los animales.

Entre las enfermedades adquiridas por medio hídrico se encuentran:

- La fiebre tifoidea
- La disentería
- El cólera
- Diarrea o gastroenteritis
- Erupciones cutáneas.

PRACTICA DE CAMPO

- Visitar una fuente de abastecimiento cercana e identificar los factores que determinan la calidad del agua.
- Visitar el laboratorio e identificar las instalaciones y equipos necesarios para determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua.



RESUMEN DE IDEAS

- Para lograr un mejor control de la calidad del agua debe hacerse buen uso de los elementos de laboratorio.
- El conocimiento de las características del agua y sus condiciones le permitirá al laboratorista adelantar un buen trabajo en el tratamiento del agua.
- Las administraciones municipales establecen su territorialidad hidrográfica de acuerdo con las condiciones geográficas y socio - culturales para que con sus posibilidades hídricas se orienten los recursos del agua, así:
 - al consumo humano
 - a la producción agropecuaria
 - a la generación de energía eléctrica
 - a la industria
 - a la recreación
- Aunque no todos los municipios pueden destinar el agua a los usos anteriores, todos deben cuidar y proteger las microcuencas.
- La función del laboratorio de un acueducto es determinar las condiciones del agua en su captación, en su tratamiento, al salir de la planta y en la red de distribución. Los resultados de los análisis indican el tipo de tratamiento que debe aplicarse.



EJERCICIOS DE AUTOEVALUACION

Señor alumno:

Asegúrese que no haya dudas sobre los contenidos del módulo.

- Ahora resuelva las *siguientes* cuestiones:
- Mencione las *diferentes* fuentes de agua.
- Cómo se controla la calidad del agua? Mencione tres aspectos y explíquelos.
- En qué consisten las características físico - químicas y bacteriológicas del agua?

Mencione dos características de cada una y explíquelas.

[illegible]

CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico



Capítulo 2 INTEGRALIDAD DE LOS SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTEGRALIDAD DE LOS SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO.....	41
AGUA - SANEAMIENTO Y SALUD.....	41
SOSTENIBILIDAD.....	43
EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.....	44
COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.....	45
USUARIOS.....	45
FUENTES DE, ABASTECIMIENTO	45
Atmosféricas	46
Superficiales	46
Subterráneas	46
Regulación, vigilancia y control en las fuentes de abastecimiento	46
ESTRUCTURAS	47
Captaciones	47
Desarenador	51
Aducción / conducción	52
Estaciones de bombeo	52
Tratamiento	53
Distribución del agua	53
ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA.....	54



PRESENTACIÓN

Generalmente se considera que un sistema colectivo de abastecimiento de agua está conformado por las estructuras físicas desde el punto de toma hasta el lindero del predio familiar, así mismo se considera que un sistema colectivo de saneamiento comprende las estructuras del lindero del predio hasta el punto de descarga, incluso algunas veces no se considera el tratamiento final como parte del sistema. Es importante considerar los sistemas de agua y saneamiento integralmente debido al impacto que estos tienen sobre la salud.

Esta unidad está orientada a realizar una reflexión acerca de los conceptos anteriormente mencionados. Además se presentan los conceptos fundamentales de operación y mantenimiento.

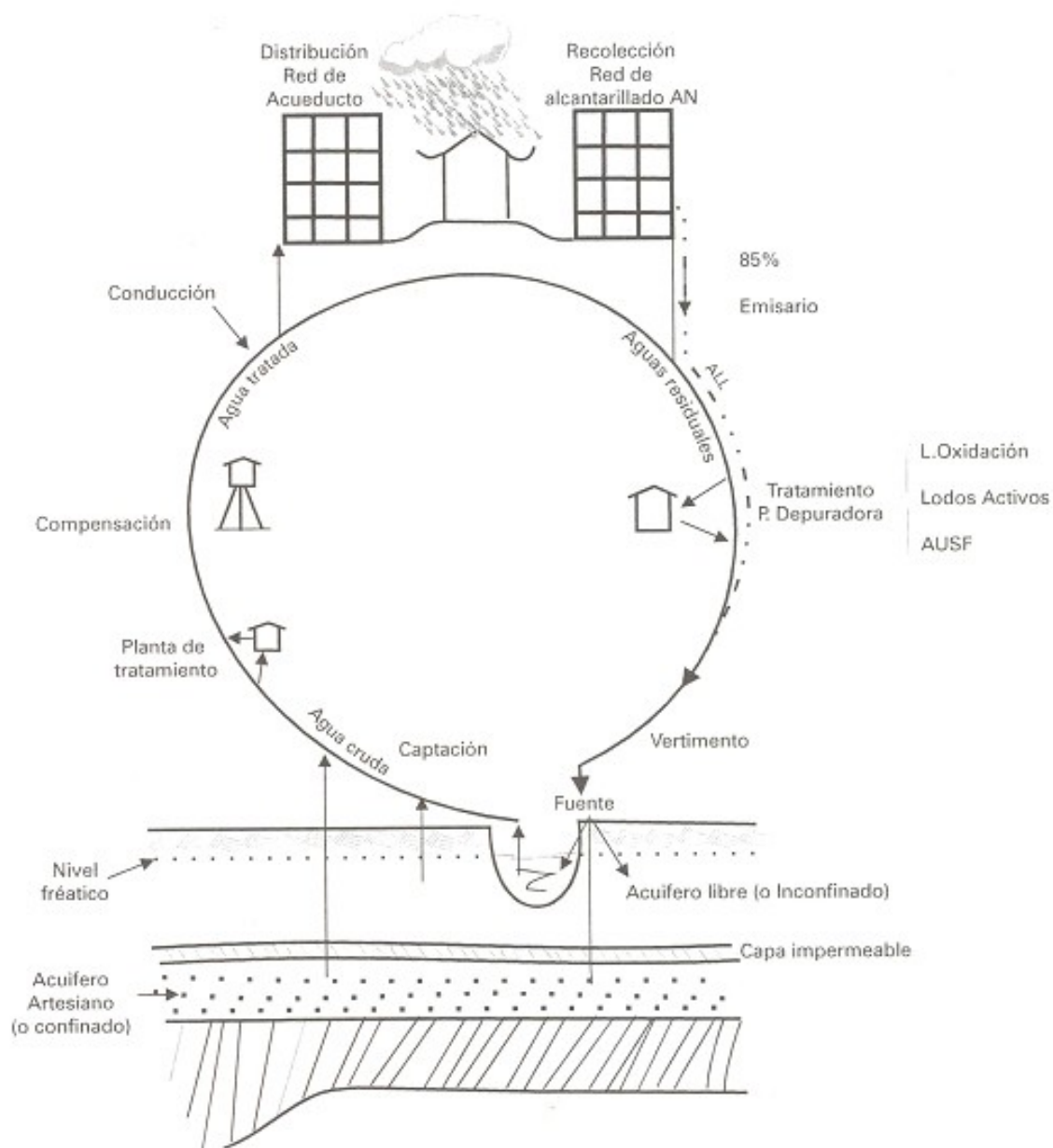
OBJETIVOS

Al terminar las reflexiones de la presente unidad, el participante estará en capacidad de:

- Definir el concepto de sostenibilidad, teniendo en cuenta las dimensiones de Comunidad, Ambiente y Tecnología.
- Reconocer el impacto del agua y el saneamiento sobre la salud de la comunidad.
- Definir los criterios básicos a tener en cuenta para el suministro de agua.
- Enunciar los componentes del sistema de abastecimiento.



Integralidad de los servicios de agua y alcantarillado



INTEGRALIDAD DE LOS SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO

AGUA - SANEAMIENTO Y SALUD

El abastecimiento de agua y el saneamiento son elementos fundamentales para la vida comunitaria y un adecuado desarrollo, pues influyen en la salud y por tanto en labores productivas específicas.

Aunque no existe una definición exacta del desarrollo, se entiende que éste es un proceso que contempla al menos salud y longevidad mejoradas, mayor productividad y niveles de vida más altos, una mayor capacidad local para la resolución de problemas y un mejor acceso a bienes y servicios esenciales.



Los beneficios para la salud de los sistemas de agua y saneamiento resultan de una calidad mejorada del agua y de adecuadas cantidades de agua, de instalaciones adecuadas de saneamiento y de cambios en el comportamiento relacionados con la higiene. Para cierto número de enfermedades transmitidas por el agua, la transmisión ocurre como resultado directo de beber agua contaminada. En otros casos, el ciclo de transmisión ocurre mediante contacto. El agua también proporciona un lugar de procreación para los vectores portadores de enfermedades.



Enfermedades relacionadas con abastecimiento de agua y saneamiento básico

Importancia de las intervenciones relacionadas con agua y saneamiento en el control de las enfermedades infecciosas.

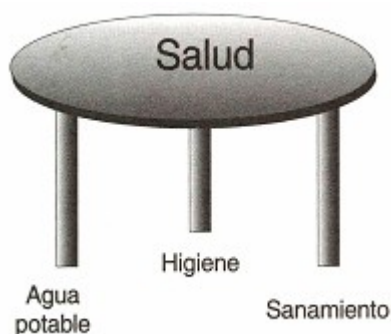
Enfermedad	Calidad de agua	Cantidad de agua	Higiene personal y doméstica	Disposición de aguas grises	Disposición de excretas	Saneamiento de alimentos
Diarrea:						
*Viral	+ +	+ + +	+ + +	0	+ +	+ +
*Bacteriana	+ + +	+ + +	+ + +	0	+ +	+ + +
*Por protozoos	+	+ + +	+ + +	0	+ +	+ +
Poliomielitis y Hepatitis A	+	+ + +	+ + +	0	+ +	+ +
Infecciones Parasitarias:						
*Ascaris, tricocefalus	+	+	+	+	+ + +	+ + +
*Uncinarias	+	+	+	0	+ + +	+ +
*Oxiuros, Hymenolepsis nana	0	+ + +	+ + +	0	+ + +	+ + +
*Otros cestodos	0	+	+	0	+ + +	+ + +
*Esquistosomas	+	+	0	+	+ + +	0
*Gusano de guinea	+ + +	0	0	0	0	0
*Otros gusanos con huéspedes acuáticos	0	0	0	0	+ +	+ + +
Infecciones en:						
*Piel	0	+ + +	+ + +	0	0	0
*Ojos	+	+ + +	+ + +	+	+	0
Enfermedades transmitidas por insectos						
*Malaria	0	0	0	+	0	0
*Fiebre amarilla y dengue	0	0	+ (1)	+ +	0	0
*Filariasis de Bancroft	0	0	0	+ + +	+ + +	0
*Oncocerciasis	0	0	0	0	0	0

Grado de importancia en la intervención: + + + alta + + media + baja 0 innecesaria.

(1) El vector cumple una parte de su ciclo en el agua estancada.

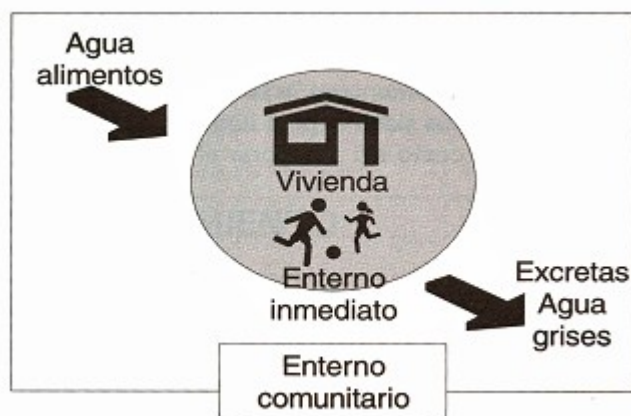


El agua inadecuada para lavarse las manos y para lavar los utensilios de cocinar y prácticas de saneamiento deficientes terminan en enfermedades diarreicas. Las enfermedades y la mala salud imponen una pesada carga sobre la comunidad, la familia, el individuo y la economía. La población más afectada es la infantil y los ancianos.



No es suficiente contar con buenos sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento para reducir las enfermedades, es necesario contar con buenos hábitos de higiene.

SOSTENIBILIDAD



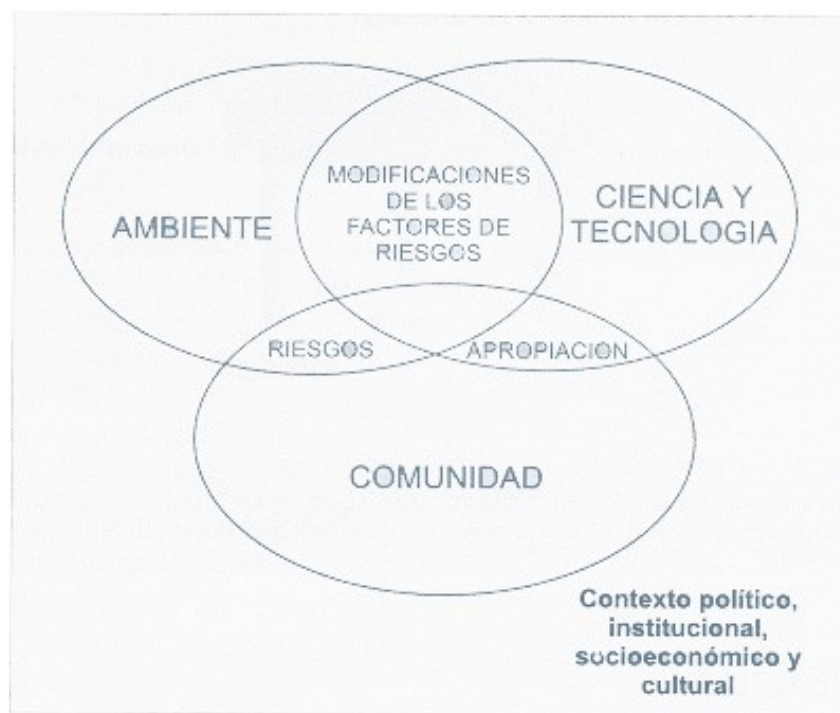
De la relación entre la comunidad y su ambiente surgen riesgos que pueden poner en peligro la salud, la vida o los medios de subsistencia de las personas. Para minimizarlos se desarrollan y aplican diferentes tecnologías o mecanismos de defensa.



Pero no basta poseer una tecnología para eliminar los riesgos, es necesario que la comunidad beneficiaria conozca su funcionamiento y la use adecuadamente. En otras palabras que se apropie de ella.

Es fundamental que la selección e implementación de una tecnología considere el contexto de la región y no cause daño al ambiente. Por ejemplo, no se puede pensar que una tecnología funcione cuando los insumos que ella requiere no se encuentran en la región, no están al alcance de los usuarios u ocasione daños a los recursos naturales.

Así, para alcanzar soluciones sostenibles, se debe partir de un análisis de la comunidad y su ambiente, además tener en cuenta los riesgos que en esta relación se generan.



De acuerdo con las dimensiones de comunidad 'ambiente' – tecnología, la sostenibilidad se define como la capacidad que tiene un sistema para funcionar a través del tiempo, brindando lo que de él se espera, al mínimo costo sin deteriorar el ambiente.



EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.

El sistema de abastecimiento tiene como objetivo suministrar agua a la comunidad, bajo los siguientes criterios:

- **Cantidad.** Debe ser suficiente para las necesidades básicas y uso de la comunidad.
- **Calidad.** No causar daños a la comunidad beneficiaria, cumpliendo las normas y criterios de calidad físico - química y bacteriológica (la guía Colombiana al respecto es el Decreto 475 de marzo 10 de 1988).
- **Continuidad.** No faltar durante las horas diarias para las cuales fue concebida en su proyección, en acuerdo con la comunidad. En caso de algún corte para reparación de daños avisar con anticipación o cuando se presentan daños extraordinarios comunicárselos a la comunidad.
- **Cobertura.** Todos los hogares de la comunidad que técnicamente puedan ser abastecidos deben tener acceso al sistema.
- **Costo.** Generar costos acordes con su funcionamiento y permanencia, en relación con la situación -socioeconómica de la comunidad beneficiaria.
- **Cultura del agua.** Dimensión lúdico - simbólica que se expresa en una concientización de la comunidad sobre el uso racional del sistema y del recurso.
- **Capacidad de gestión.** Apropiación institucional que la comunidad hace para mejorar el sistema cada día, proyectando las ampliaciones, variaciones y reparaciones necesarias, buscando recursos en el ámbito local, departamental y nacional.

Un sistema de abastecimiento de agua comprende desde la fuente de abastecimiento hasta el usuario del sistema. Es importante recordar y tener en cuenta que el agua potable en cantidad suficiente no genera un gran impacto en la salud si no se piensa en los sistemas de saneamiento y adecuadas prácticas de higiene.



COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

USUARIOS

Por lo general, cada vivienda de una localidad se considera como usuario. Dependiendo de las características específicas de cada localidad, los usuarios hacen distintos usos del agua, en cantidades diferentes. El uso del agua, el número de usuarios y el agua dispensable en la(s) fuente(s) determinan la cantidad de agua que se debe suministrar a la comunidad.

FUENTES DE ABASTECIMIENTO

El agua requerida para proporcionar el servicio de acueducto se toma de una o más fuentes de abastecimiento: y puede ser clasificada de acuerdo con su origen en:

- Atmósfera
- Superficial
- Subterráneas

La mejor solución de la (s) fuente (s) depende en lo posible de:

- Cantidad: De acuerdo con el tamaño de la población.
- Calidad: Dependiendo de la presencia y tipo de tecnología utilizada para el tratamiento.
- Continuidad: Las condiciones de abastecimiento no se pueden ver afectadas por los cambios climáticos.

Sin embargo, esta selección puede estar afectada por situación geográfica, condición económica y nivel socio - cultural de la comunidad a abastecer.

Son las aguas lluvias que se colectan generalmente en los tejados de las casas o edificios, almacenándose en depósitos superficiales o subterráneos; por lo general se emplean para abastecimiento domiciliario.

Es importante explorar la región antes de decidir captar aguas lluvias debido a que los gases que expulsan diferentes industrias inciden negativamente en la calidad del agua *precipitada*.

Superficiales

Las aguas superficiales se dividen en las correntosas, como los ríos, canales y arroyos, y las de almacenamientos como las de lagos, embalses y los mares.

Estas fuentes son las utilizadas para grandes abastecimientos por su abundancia. Presentan alta vulnerabilidad a la contaminación natural y artificial (Conceptos en



el capítulo 1), por lo cual este tipo de fuente requiere tratamiento para su potabilización.

Subterráneas

Estas se pueden clasificar en:

- Freáticas
- Profundas o artesianas.

Debido a la mala ubicación de sistemas individuales de saneamiento (pozos sépticos o campos

de infiltración), las aguas subterráneas freáticas se pueden contaminar.

Afortunadamente, por lo general, estas fuentes no están contaminadas, sin embargo presentan un alto contenido de minerales principalmente hierro y magnesio que son necesarios remover. Algunos acuíferos artesianos en Colombia, como los del Valle del Cauca, están confinados a presión entre rocas impermeables y el agua suele surgir sin necesidad de bombeo cuando se perforan pozos hasta esas profundidades.

Regulación, vigilancia y control en las fuentes de abastecimiento Operación y mantenimiento.

El manejo de las aguas superficiales en nuestro país está regulado por el Ministerio del Medio Ambiente o por las Corporaciones Regionales, quienes se ciñen a la ley 99/93.

Sin embargo corresponde a los funcionarios encargados de la operación y mantenimiento del acueducto de cada población, efectuar recorridos periódicos rutinarios por la cuenca hidrográfica

(Inspección Sanitaria) identificando y caracterizando los riesgos que pueden llegar a afectar - la cantidad y calidad del agua de abastecimiento.

- De acuerdo con los resultados de la inspección sanitaria se puede determinar la frecuencia y tipo de análisis de calidad de agua a efectuar, con el objetivo de conocer el nivel de riesgo.
- Para el Municipio Colombiano los análisis de calidad, de acuerdo a su contexto específico se deben centrar en parámetros básicos identificados rutinariamente para un seguimiento efectivo y de bajo costo de la calidad del agua, estos son:



pH
Turbiedad
Color
Análisis bacteriológico

Estos análisis se deben ejecutar para condiciones típicas o normales de funcionamiento de *la microcuenca*.

Es importante que el personal encargado de realizar la inspección sanitaria de aviso a la administración del acueducto acerca de las situaciones anormales encontradas en su recorrido, por lo tanto la inspección sanitaria y los análisis de calidad son actividades complementarias que permiten reconocer el estado del sistema de abasto con el objetivo de tomar acciones que garanticen minimizar los riesgos de contaminación que se puedan encontrar.

Igual que en las aguas superficiales, la operación y mantenimiento de estas fuentes están reguladas por el Ministerio del Medio Ambiente o por las Corporaciones Regionales encargadas de la conservación de los Recursos Naturales. En términos generales, la explotación del recurso del agua subterránea para los acueductos exige la puesta en práctica de todas las medidas para evitar su contaminación y la toma periódica de muestras para análisis físico químico y bacteriológico. En épocas de agotamiento del acuífero como en veranos prolongados tendrá prioridad el acueducto en los programas de racionamiento.

ESTRUCTURAS

Captaciones

Son estructuras que se construyen en las fuentes de abastecimiento para derivar el caudal necesario que garantice agua en cantidad suficiente a la población a servir.

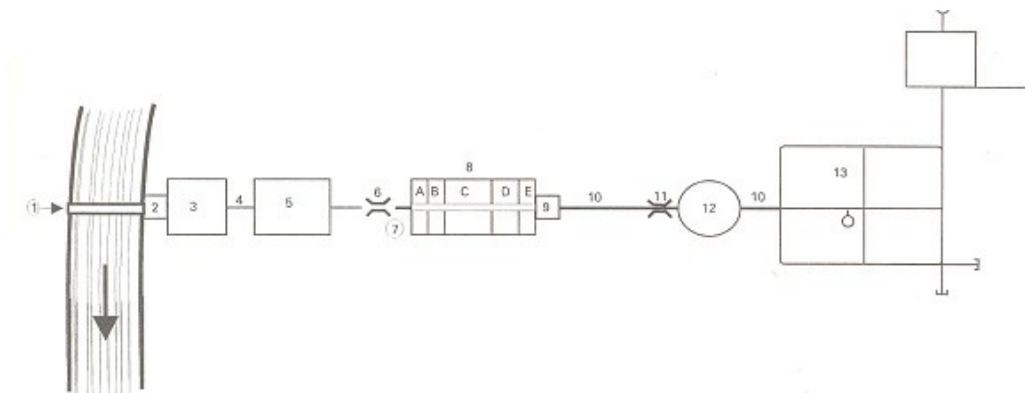


Figura 12



Esquema típico del un acueducto del litoral

1. BOCATOMA
2. POZO HUMEDO
3. CUARTO DE MAQUINAS } ESTACION DE BOMBEO
4. CONDUCCIÓN DEL AGUA CRUDA
5. DESARENADOR
6. MEDIDOR CANALETA PARSHALL
7. APLICACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS
8. PLANTA DE TRATAMIENTO
 - A. Mezcla rapida
 - B. Mezcla Lenta
 - C. Sedimentación
 - D. Filtros
 - E. Aplicación de cloro y cal
9. ESTACION DE BOMBEO AGUA TRATADA
10. CONDUCCION DE AGUA TRATADA
11. MEDIDOR DE AGUA TRATADA, VENTURI
12. TANQUE DE ALMACENAMIENTO
13. RED DE TUBERIAS DE DISTRIBUCION

Caudal.

Cantidad de agua que pasa por un área en determinado tiempo. Existen diversas obras de captación dependiendo del tipo de fuente que se vaya a captar.

Captación de Agua Atmosférica o Lluvias.

La captación de las aguas lluvias se hace generalmente utilizando los tejados de las casas, ysi es necesario disponer de este recurso para abastecer una población pequeña, se deben construir superficies apropiadas usando materiales con coeficiente de escurrimiento alto y depósitos del tamaño adecuado a la población que se va a servir, dimensionándolos de acuerdo con los períodos normales de sequía en la región.

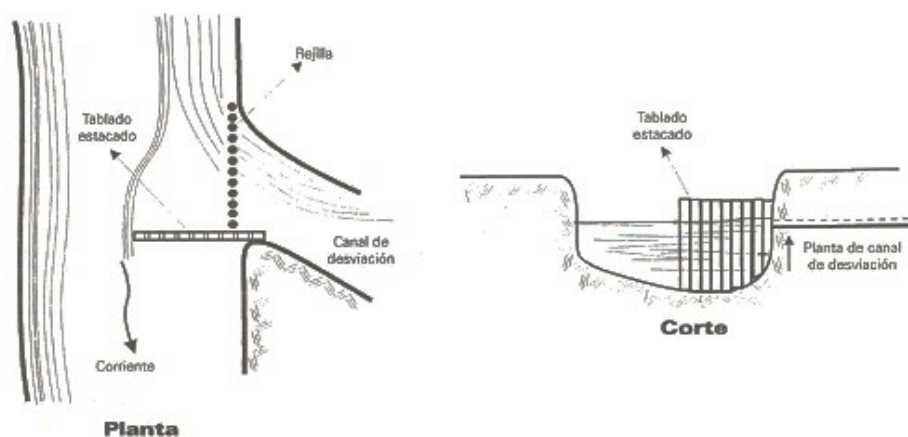


Figura 13



Operación y mantenimiento.

Esta labor se encuentra a cargo de cada usuario beneficiario, manteniendo limpias las áreas de captación (techos), sistema de recolección (canales) y almacenamiento. Para evitar la contaminación del agua almacenada deberá desecharse la primera agua captada

Captación de Aguas Superficiales.

Las obras para captar este tipo de aguas se construyen de acuerdo con el tamaño de la fuente y la topografía o forma del terreno.

Dependiendo de la forma a captar se tiene:

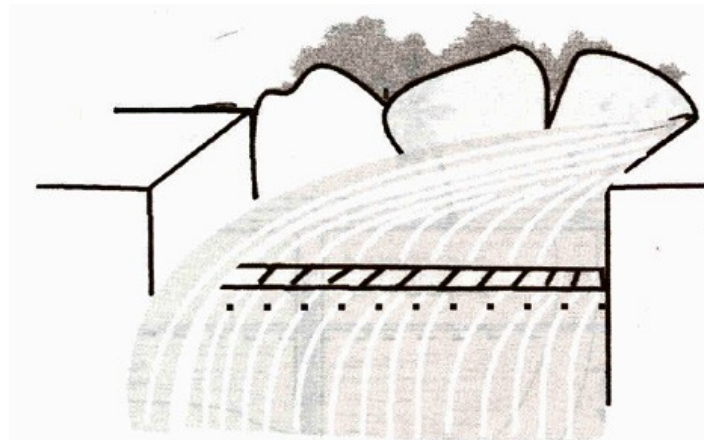
- Toma por gravedad.
- Toma por bombeo.

De acuerdo con el tamaño de la fuente y si es correntosa o está almacenada, las captaciones se clasifican en:

-Captación de Manantiales: Las aguas procedentes de manantiales se captan por medio de cajas o tanques que pueden ser de mampostería o de concreto. Al proyectar el diseño de estas captaciones se debe pensar en la protección sanitaria del manantial, por lo general se utiliza un enmallamiento para evitar la entrada de animales y deberá ser de fácil acceso para su limpieza.

-Torres de Captación: Se utilizan para extraer el agua de presas lagos y ríos profundos que presentan amplias fluctuaciones en el nivel del agua. Su interior puede ser seco o ahogado hasta el nivel de la fuente.

-Captaciones Sumergidas: Las cuales se construyen bajo el agua y no están sujetas a la acción de materiales flotantes. Tienen el riesgo de la obstrucción por sedimentación y son de difícil inspección.



- Captaciones flotantes. Estas se emplean en ríos que presentan grandes variaciones del nivel de su superficie o cuando sus riberas no garantizan la estabilidad de la estructura. Sobre una plataforma flotante y móvil se instalan los equipos de bombeo.

Tubos y conductos. Están alojados en la cortina de presas derivado ras o de almacenamiento y son regulados utilizando válvulas o compuertas de control.

Captación de ribera. Son tomas indirectas consistentes en cajas de mampostería, canales o pozos conectados a la fuente por medio de tuberías o canales. De la toma indirecta se extrae el agua comúnmente mediante bombeo.

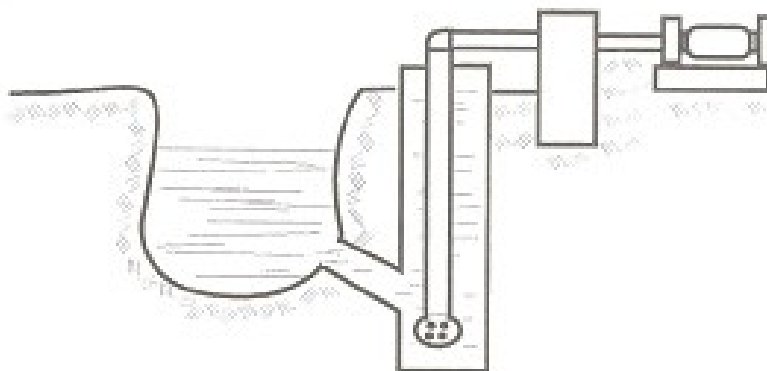


Figura 15

Operación y mantenimiento.

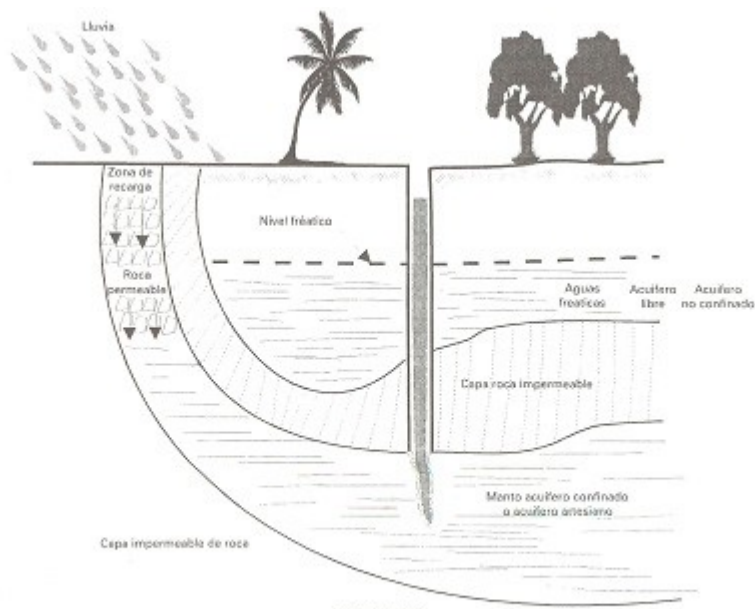
En las captaciones superficiales por gravedad, la operación se circunscribe a la ejecución de los movimientos de válvulas y compuertas para regular el caudal de entrada al sistema. En el caso de la extracción mediante bombeo la operación y el mantenimiento se centran en la puesta en marcha de las unidades de bombeo necesarias para mantener el caudal de entrada.

El mantenimiento debe ser riguroso y permanente y va dirigido a ejecutar las acciones necesarias para mantener limpios los desarenadores y rejillas que evitan la entrada de arena o de material flotante que pueden dañar los equipos o procesos de tratamiento. La frecuencia e intensidad se ejecuta de acuerdo con la exigencia de cada fuente, llevando registros al respecto.



Captación de Aguas Subterráneas.

Para el abastecimiento con agua subterránea se debe recurrir a la captación mediante la perforación de pozos que atravesando el subsuelo, lleguen hasta las formaciones acuíferas.



Estas formaciones acuíferas son básicamente de dos tipos:

- Las Inconfinadas o Freáticas. Las cuales se alimentan directamente con el agua lluvia cae a la superficie del terreno y se infiltra o percal a través de los intersticios o porosidad de éstos, hasta quedar retenidas por un manto impermeable.
- Las Confinadas o Artesianas. Las cuales se alimentan con las aguas lluvias que caen en sus zonas de carga, que generalmente son suelos porosos confinados entre dos capas de roca impermeable.

Para la perforación de los pozos se utilizan máquinas de percusión o de rotación dependiendo de la profundidad diseñada. Cuando se trata de perforaciones muy profundas se utilizan equipos rotativos hidráulicos.



La perforación va seguida de un entubamiento del pozo hasta llegar al acuífero en donde la tubería va perforada o ranurada o con un filtro especial que permite la entrada del agua al interior de la tubería reteniendo los granos pequeños de arena.

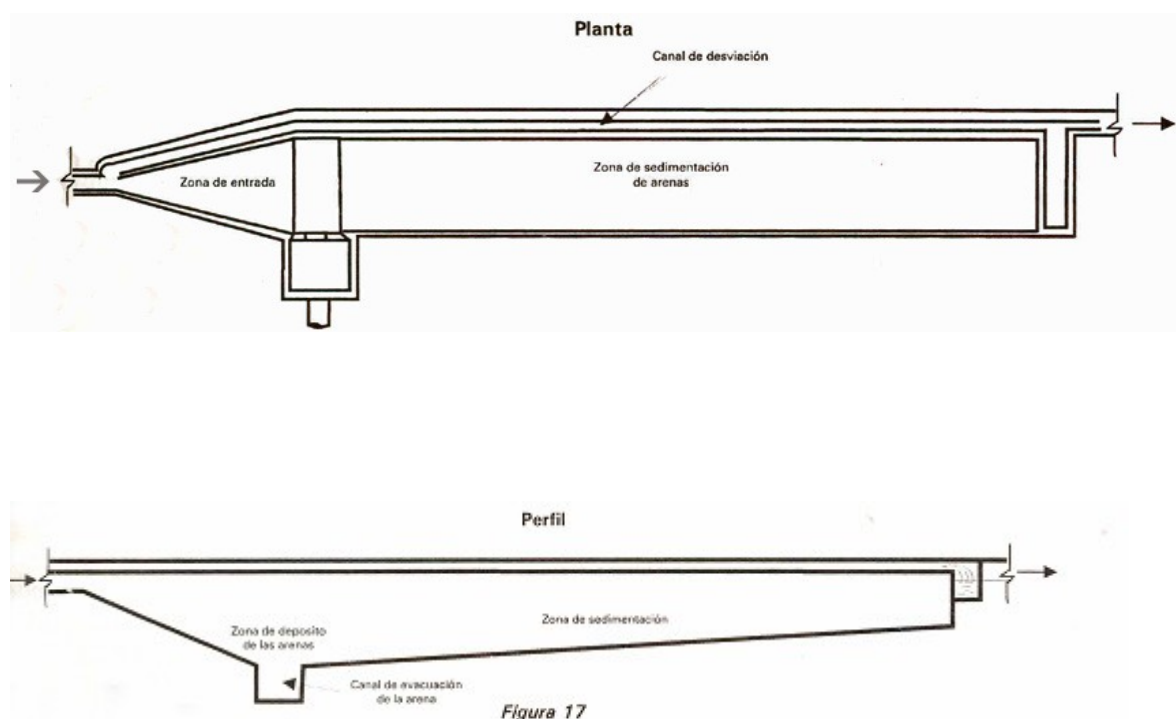
El equipo de extracción generalmente consiste de una bomba de eje vertical de una o varias etapas, la cual se instala "colgándola" dentro de la tubería desde la superficie donde está el motor, también vertical. Otros equipos usuales son los conjuntos Bomba - Motor sumergibles o los Compresores de Aire.

Algunas aguas de acuíferos confinados, más exactamente las artesianas saltantes, surgen a la superficie sin requerir de bombeo.

Operación y Mantenimiento.

Este depende esencialmente del tipo de pozo y su equipo, dada su complejidad hacen parte de una guía especialmente orientada a tratar este tema.

Desarenador



Estructura en la cual se logra eliminar mediante la sedimentación las arenas, gravas, barro y otros agentes presentes en el agua captada. Por lo general, el desarenador se localiza cerca de la captación con el objeto de que las partículas removidas no ocupen espacio en la aducción

disminuyendo así su capacidad de transporte de agua.

Otro criterio para su ubicación es la instalación de una estación de bombeo, debido a que las arenas ocasionan deterioro en las bombas.

Operación y Mantenimiento.

Igual que en las captaciones superficiales por gravedad, la operación de esta estructura, se concreta al manejo de válvulas y compuertas para regular el caudal de ingreso al sistema y para la evacuación de las arenas y lodos removidos.

El mantenimiento se dirige a la limpieza de la estructura y de las rejillas, la cual se hará sólo con cepillo y agua sin detergente o jabón.

La intensidad de la operación y el mantenimiento se hará de acuerdo con la dinámica del sistema y se llevará en registro las acciones y observaciones, con el objetivo de tomar acciones que optimice la labor misma de operación y mantenimiento.

Aducción / conducción

La aducción/conducción se efectúa mediante una tubería que conduce el agua que sale del desarenador hasta la planta de tratamiento o tanque de almacenamiento, en caso de no existir tratamiento.

Operación y Mantenimiento.

Dependiendo de la forma del terreno, la aducción puede estar conformada además de la tubería por accesorios como válvulas ventosas, de purga, tanques de quiebre de presión, etc. La operación se limita al manejo de las válvulas de acuerdo con su función. El mantenimiento preventivo se realiza mediante la inspección de la línea de aducción con el objetivo de detectar puntos de riesgo, como derrumbes, hundimientos, etc. El mantenimiento correctivo se refiere al arreglo de la tubería.

Estaciones de bombeo

Se da este nombre a las estructuras, las instalaciones y equipos requeridos para tomar el agua de un sitio de menor altura a otro sitio de mayor altura.



Las estructuras de las estaciones de bombeo son diseñadas para montar las instalaciones, equipos y accesorios para succionar e impulsar el agua a un lugar determinado previamente.

Las estructuras se clasifican en tres grupos:

- Flotantes: en aguas superficiales.
- Fijas en agua superficiales.
- Fijas en los pozos de aguas subterráneas.

Instalaciones y equipos de las estaciones de bombeo.

Las principales instalaciones, equipos y accesorios de una estación de bombeo son:

- Las bombas
- Los motores
- Los arrancadores
- Los tableros de control
- Los transformadores Las válvulas
- Las tuberías de succión e impulsión

Tratamiento

Dependiendo de las características físicas - químicas y bacteriológicas del agua cruda, se hace necesario tratar el agua para entregarla al consumidor de acuerdo con los siguientes criterios de calidad:

Que no sea rechazada por el consumidor. Que no represente riesgo para la salud.

Que no cause deterioro a los sistemas de distribución.

En función de la captación de la comunidad beneficiada y de la calidad del agua cruda, la cual depende de su origen, se define el tratamiento así; por ejemplo algunas aguas subterráneas no necesitan tratamiento, sólo una desinfección con el objetivo de proteger el agua en el trayecto de la captación hasta el consumidor. Sin embargo, otras requieren una desmineralización.

Como una división general de los tratamientos se tienen:

Tratamiento con químicos. - Tratamiento Biológico.

Distribución del agua

Una vez que el agua ha sido tratada debe distribuirse donde se va a consumir. La red de distribución puede requerir de estaciones de bombeo de agua tratada,



similares a los de agua cruda anotados anteriormente, además de los tanques, tuberías y accesorios destinados para tal fin.

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA

La administración como parte de la integralidad de un sistema se constituye en un proceso dinámico que articula todos los componentes (físicos, técnicos y económicos además del oapital social representado en las personas), con el propósito de prestar un servicio bajo criterios de calidad y eficiencia. A través de la administración del sistema se logra que todas las actividades generadas para producir el servicio sean coordinadas y ejecutadas armónicamente.

Para efectos de organización, las tareas o actividades se clasifican dentro de áreas, las cuales permiten darle orden al trabajo, establecen prioridades e identificar responsables, estas son: - Comercial

- Financiera y contable
- Personal y administrativo
- Operativa

PRACTICA DE CAMPO

Realizar un recorrido por todo el sistema de agua y saneamiento de la localidad identificando:

- Realizar la inspección sanitaria desde la fuente hasta el usuario.
- Fuentes de abastecimiento de la localidad.
- Estructuras del sistema de abastecimiento.
- Usos del agua.
- Estructuras del sistema de saneamiento.



Figura 18



RESUMEN DE IDEAS

- El mejoramiento de los suministros de agua, la provisión de saneamiento adecuado y el fomento de buenas prácticas de higiene, son elementos primordiales para el desarrollo de la comunidad.

- El sistema de abastecimiento tiene como objetivo suministrar agua a la comunidad, sobre la base de los siguientes criterios:

- Cantidad
- Calidad
- Continuidad
- Cobertura
- Costo
- Cultura del agua
- Capacidad de gestión.

- Las fuentes de abastecimiento se clasifican de acuerdo con su origen en:

- Atmosféricas
- Superficiales
- Subterráneas

Caudal es la cantidad de agua que pasa por un área en determinado tiempo.

Inspección sanitaria es una importante herramienta de gestión para la comunidad, el ente administrador y la autoridad.

EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

Dibujar el esquema de todo el sistema de abastecimiento de agua de la localidad de origen de cada participante, identificando los componentes (fuente de abastecimiento, captación, etc.) y las labores de operación y mantenimiento que se realizan en cada una de las estructuras.



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico



Capítulo 3 EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA



CONTENIDO

	Pag.
CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA	60
VIGILANCIA Y CONTROL	60
INSPECCIÓN SANITARIA Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	61
PARTICIPACIÓN COMUNITARIA	62



PRESENTACIÓN

En el presente capítulo se presenta un resumen de los aspectos que deben ser considerados en cuenta para trazar un programa completo de vigilancia y control de la calidad del agua, tomando en cuenta que en éste deben intervenir en una de u otra forma diferentes elementos; el conocimiento de cada uno de ellos y su identificación en la localidad a atender, es lo que permite diseñar un programa integral que cubra las expectativas de un trabajador responsable ante su comunidad.

OBJETIVOS

Al finalizar el capítulo los participantes estarán en capacidad de:

- Identificar y diferenciar los conceptos y actividades de vigilancia y control de la calidad del agua
- Identificar los criterios modernos sobre los cuales se valora la calidad del servicio.
- Reconocer el riesgo sanitario como el núcleo par la valoración del estado, funcionamiento y uso de un sistema de abastecimiento de agua.
- Aplicar la inspección sanitaria como actividad por excelencia para la valoración del riesgo.



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

La prestación de un servicio de abastecimiento de agua eficiente y confiable está determinado por los siguientes parámetros:

Calidad: Apta para el consumo humano y que no deteriore el sistema de distribución.

Cantidad: Suficiente para uso doméstico.

Cobertura: Accesible al mayor número de usuarios.

Continuidad: Disponible por un tiempo reconocido y concertado con la comunidad, idealmente las 24 horas del día.

Costo: Equitativo para todos los usuarios y que posibilite el sostenimiento del sistema.

Capacidad de gestión: Adecuado a la capacidad de organización y de gestión del nivel local para operar, mantener y administrar el sistema.

Cultura del agua: Creencias, costumbres y usos locales sobre uso, protección y cuidado de la cuenca abastecedora.

La calidad del servicio se puede asegurar mediante la evaluación continua y valoración permanente lo cual se define como vigilancia y control.

Independientemente de las características y procedencia, el agua suministrada para consumo humano debe ser potable.

VIGILANCIA Y CONTROL

La vigilancia es una actividad de evaluación periódica sobre el servicio de abastecimiento y la calidad del agua, mediante análisis, con el fin de prevenir riesgos y preservar la salud del hombre. La entidad responsable es el Ministerio de Salud.

El control de calidad es una actividad de monitoreo y análisis rutinario y continuo con la finalidad de garantizar la potabilidad de agua y la seguridad en el servicio. La entidad responsable es el ente administrador del sistema de abastecimiento de agua.



Los objetivos de la vigilancia y el control son:

- Contribuir a elevar los niveles de salud y mejorar la calidad de vida de la población colombiana servida por sistemas colectivos de abastecimiento de agua, induciendo acciones de mejoramiento de la calidad del servicio de agua ..
- Vigilar el cumplimiento de la normas de calidad físico - química y bacteriológica establecida para el suministro de agua para consumo humano.
- Cuantificar cobertura.
- Evaluar suficiencia,
- Vigilar y controlar continuidad.
- Identificar prioridades de inversión. Promover la organización de la comunidad.

El programa de vigilancia y control comprende los siguientes subprogramas:

Inspección sanitaria y evaluación de riesgos: Determinación del riesgo de contaminación y vulnerabilidad que ofrecen los sistemas de abastecimiento de agua, con el fin de indicar a las instituciones responsables los problemas existentes e inducirlos a toma de acciones . colectivas.

- -Desarrollo de infraestructura de análisis de la calidad del agua: Crear condiciones para controlar y asegurar la potabilidad del agua para consumo.
- Organización institucional: Coordinación, supervisión y administración de los esfuerzos dirigidos a mejorar los servicios.
- Reglamentación: Revisión de legislación vigente.
- Desarrollo de recursos humanos: Capacitación y formación de recurso humano suficiente para desarrollar adecuadamente las funciones que le competen.
- Vigilancia y epidemiología: Diagnóstico y evaluación del impacto de las acciones de saneamiento en la salud de la población, apoyo para priorización de inversión.

INSPECCIÓN SANITARIA Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

La OMS (Organización Mundial de la Salud) define la inspección sanitaria como "la inspección y evaluación de todas las condiciones, facilidades y prácticas que poseen o puedan poseer algún peligro para el bienestar o la salud de la población".

La inspección sanitaria es una herramienta para identificar los riesgos potenciales que atenten contra la salud de la población



Riesgo es el resultado de comparar la vulnerabilidad de la población frente a una amenaza (factor de riesgo).

La amenaza es el factor que puede hacer daño a la población. Por ejemplo amenaza sísmica o de contaminación del agua, que puede generar en enfermedades.

La vulnerabilidad se refiere a la capacidad de la población y de la entidad administradora del servicio para afrontar la amenaza. Por ejemplo la vulnerabilidad de la población con respecto a la contaminación de su fuente de abastecimiento, es alta si no se realiza inspección sanitaria, control de vertimientos y del uso de la cuenca y/o un tratamiento eficiente del agua. Por ejemplo vidrio cholera es una amenaza para la salud que se manifiesta en una enfermedad llamada cólera, que tiene mayor probabilidad de hacer daño a las poblaciones que carecen de adecuadas prácticas de higiene de sistemas de abastecimiento de agua.

La inspección sanitaria es una herramienta para identificar los riesgos potenciales que atenten contra la salud de la población. Contribuye significativamente a disminuir la incidencia de enfermedades diarreicas, las infecciones sobre la piel y los ojos, las enfermedades parasitarias asociado con un correcto y eficiente sistema de disposición de los desechos humanos y el mejoramiento de las prácticas higiénicas y domésticas.

La inspección sanitaria se realiza desde la cuenca abastecedora hasta el consumidor final y comprende las siguientes actividades:

- Recopilación de información existente: Documentos, fotografías, planos de todos los componentes del sistema.
- Observación activa: observación del terreno del sistema, identificación de situaciones problema.
- Entrevista informal con habitantes de la zona o usuarios del servicio. - Pruebas físico - químicas y bacteriológicas del agua.
- Elaboración de un panorama riesgo - sanitario al cual está expuesta la comunidad.
- Identificación de acciones de mejoramiento.

PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

La participación de la comunidad es uno de los componentes básicos del programa de vigilancia y control. La vinculación de la comunidad es fundamental en todas las fases de un proyecto, desde su planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento, administración, seguimiento y evaluación.

La participación de la comunidad de manera metódica y organizada contribuye en los siguientes aspectos:



Minimizar y prevenir problemas.

- Gestionar los programas ante entidades de salud y alcaldía.
- Proponer y controlar la aplicación de medidas que mejoren la calidad del servicio.
- Atender las quejas de los usuarios.
- Participar en actividades de inspección sanitaria, mantenimiento y protección.
- Participar en el control de la calidad del agua.
- Establecer conductos de comunicación en toda la comunidad.
- Participar en acciones educativas.
- Establecer su propio reglamento de uso del servicio.
-

La meta debe ser tener una comunidad integrada por dueños del presente y forjadores de su porvenir.

Que la gente tenga planes para su futuro y así los agentes externos se limitarán a ayudar a dar forma a esos anhelos.

Un programa de motivación de participación de la comunidad comunitaria en el control de su sistema de abastecimiento podría contener los siguientes aspectos:

Autocuidado: Reflexionar sobre el cuidado individual y como algunos tienen que ver con el agua y el saneamiento y es más efectivo si se efectúan de manera colectiva.

Responsabilidad social: Actitud de compromiso de las personas consigo mismas, con su familia y con la sociedad para lograr mejores condiciones de vida.

Actitud: La disposición a modificar, adaptar, cambiar o conservar comportamiento o prácticas en el beneficio individual y colectivo.

Participación. Lograr que la comunidad se vincule al cuidado, mantenimiento y sostenimiento del sistema de abastecimiento, es necesaria la organización del ente administrador y el fortalecimiento de las relaciones con los miembros de la comunidad, con el personal a su servicio y con las instituciones.

La comunidad puede vincularse a través de sus organizaciones: Juntas de Acción Comunal, comités de participación comunitaria, etc.



PRÁCTICAS DE CAMPO

- Invitar a los participantes a realizar un recorrido por los componentes de un sistema de abastecimiento y realizar la inspección sanitaria (previo diseño de guías de observación) con análisis de riesgos.
- Reconocer el sistema de control de la calidad del agua del ente administrador del sitio donde se realiza el evento y su relación con la comunidad.

RESUMEN DE IDEAS

- La vigilancia es una actividad de evaluación periódica sobre el servicio de abastecimiento y la calidad del agua, se realiza por medio de análisis, con el fin de prevenir el riesgo y preservar la salud del hombre. La entidad responsable es el Ministerio de Salud.
- El control de la calidad es una actividad de monitoreo y análisis rutinario y continuo con la finalidad de garantizar la potabilidad del agua y la continuidad del servicio. La entidad responsable es el ente administrador.
- La inspección sanitaria es una herramienta para identificar los riesgos potenciales que atenten contra la salud de la población.
- La participación de la comunidad es uno de los elementos básicos en todo programa de vigilancia y control.

EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

Proponer a los participantes bosquejar el ejercicio realizado en la práctica de campo, aplicado a su localidad ..



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico



Capitulo 4 TRATAMIENTO DE AGUA



TABLA DE CONTENIDO

	Pág
TRATAMIENTO DE AGUA.....	68
TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO	68
TRATAMIENTOS COMUNES A AMBAS TECNOLOGÍAS	71
Cribado.....	71
Desarenación o Decantación	71
Aireación	71
TRATAMIENTO CON QUÍMICOS	71
Medición del caudal	71
Dosificación de coagulante	72
Mezcla rápida y coagulación	72
Floculación	72
La Sedimentación	75
La Filtración	77
TRATAMIENTO BIOLÓGICO	79
Filtro grueso dinámico	79
Filtro grueso ascendente	80



PRESENTACIÓN

La potabilización del agua se efectúa para mejorar sus condiciones físicas, químicas y bacteriológicas y poderla ofrecer para el consumo del hombre, sin afectar su salud.

Es una acción que se lleva a cabo en las plantas de tratamiento, las cuales son diseñadas de acuerdo con la calidad del agua de cada sitio. De ahí que las plantas no sean todas iguales, pues su diseño depende de las necesidades específicas.

En este capítulo nos referiremos a los aspectos generales que el operador debe conocer sobre las plantas, tales son:

- Tecnologías de tratamiento.
- Unidades y procesos en la potabilización del agua.

OBJETIVO

Al terminar el estudio de este capítulo el alumno estará en capacidad de:

- Describir y diferenciar las tecnologías de tratamiento.
- Enunciar las diversas estructuras y procesos de potabilización de una planta.



TRATAMIENTO DE AGUA

Es el conjunto de actividades, operaciones y procesos que tienen como objetivo producir agua potable para suministrarla a una comunidad determinada.

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO

Básicamente existen dos formas ó tecnologías de tratamiento:

- Tratamiento con químicos
- Tratamiento biológico

El tratamiento con químicos involucra las siguientes operaciones y procesos:

- Cribado - desarenación.
- Medición del caudal del agua cruda.
- Dosificación de coagulante.
- Mezcla rápida y coagulación. Floculación.
- Sedimentación.
- Filtración.
- Cloración.
- Acondicionamiento del pH.

El tratamiento biológico involucra:

Cribado - Desarenación.

- Filtración dinámica.
- Filtración en medios gruesos.
- Filtración lenta en arena.
- Cloración



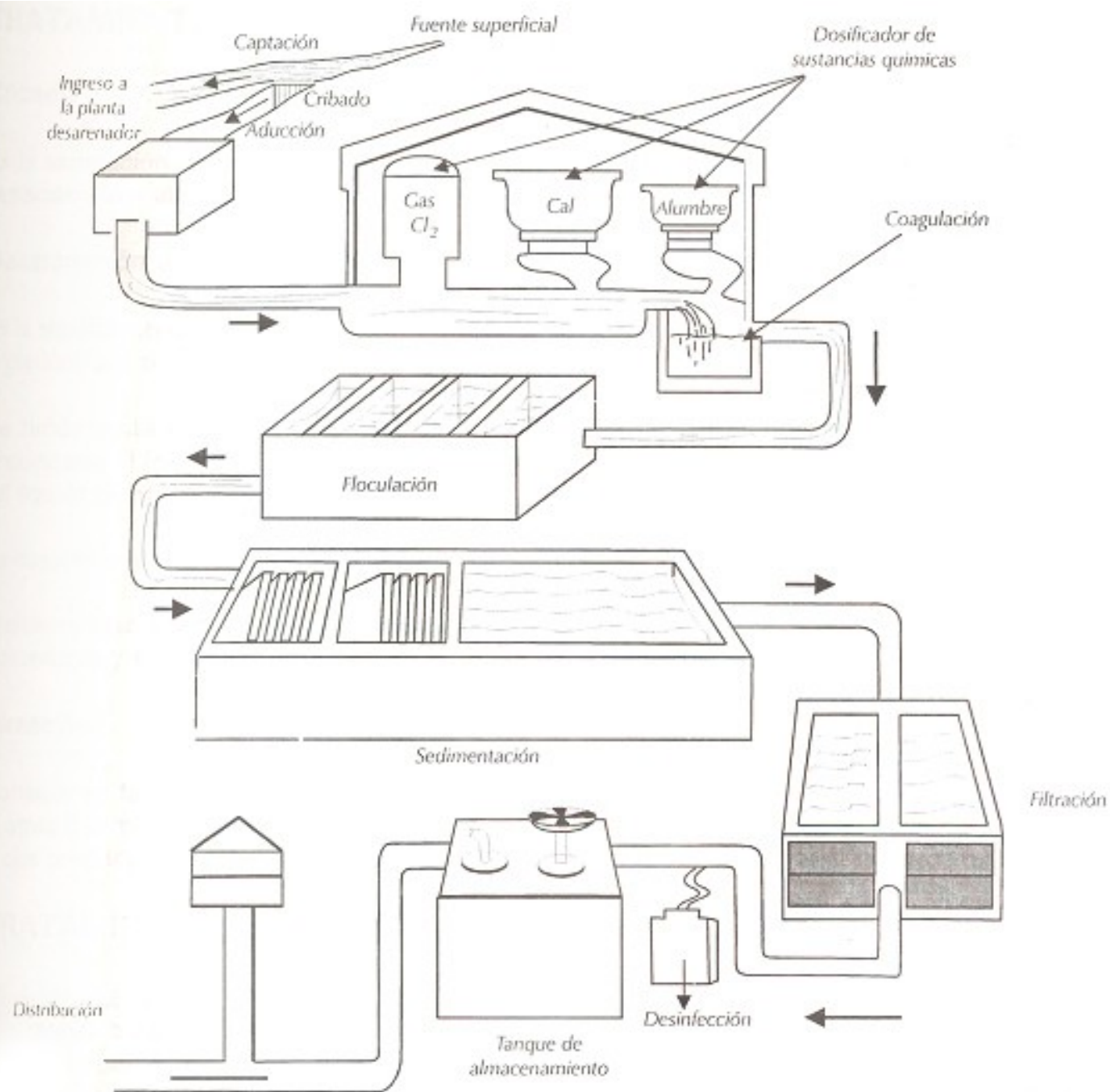
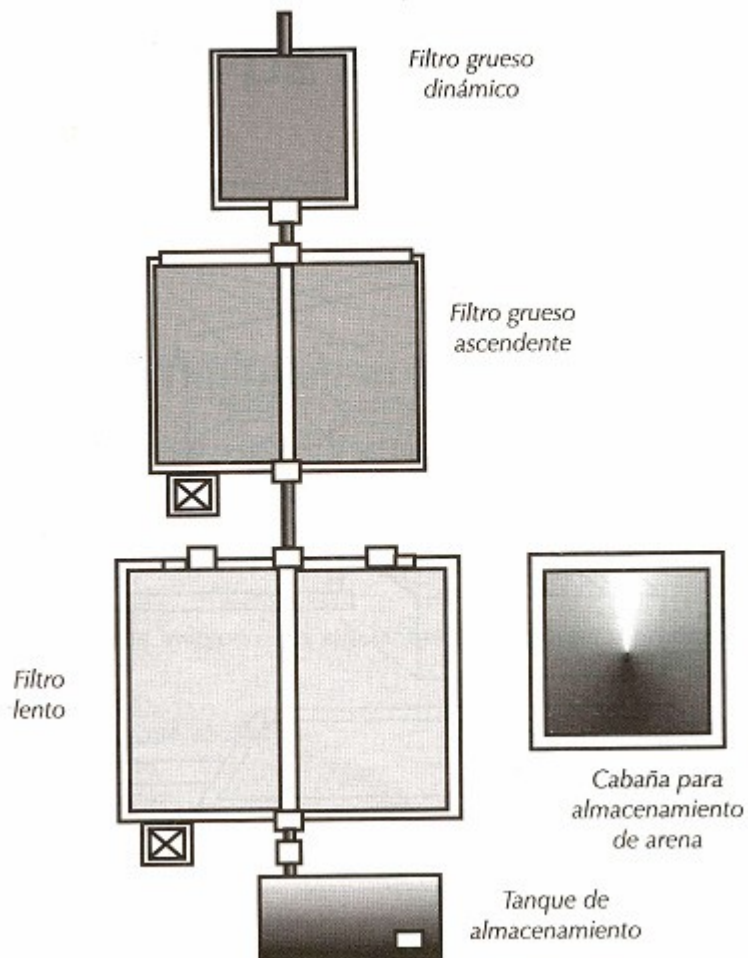


Fig. 19. Esquema de planta de tratamiento con químicos



Vista de planta



La selección de tecnología del tratamiento se realiza con base en los siguientes criterios:

- La calidad del agua cruda El caudal a tratar Disponibilidad de energía
- Disponibilidad de recursos para inversión, operación y mantenimiento Disponibilidad de terreno
- Disponibilidad de mano de obra calificada para la operación Disponibilidad de materiales para construcción
- Aceptabilidad por parte de la comunidad y autoridades locales



Cualesquiera de las tecnologías de tratamiento comprende fundamentalmente los siguientes procesos:

- Clarificación: remoción de sólidos suspendidos y sedimentables.
- Filtración: remoción de sólidos suspendidos muy finos y de microorganismos principalmente.
- La cloración se realiza para proteger el agua de posteriores contaminaciones.

TRATAMIENTOS COMUNES A AMBAS TECNOLOGÍAS

Cribado

Es la separación de los sólidos de gran tamaño que se pueden retener en rejillas de distintos espacios y/o mallas en serie.

Desarenación o Decantación

Es la separación de las partículas más pesadas que trae el agua, como gravas, arenas, arenillas y piedras que por acción de la fuerza de gravedad se sedimentan.

Se fundamenta en el principio que dice que todo sólido más pesado que el agua tiende a precipitarse al fondo del recipiente que la contiene, si se cumple que la velocidad horizontal de tal líquido disminuye a ciertos límites.

La desarenación o decantación se lleva a cabo en los tanques desarenadores.

Mediante este tratamiento se eliminan sólidos que pueden interferir en los otros tratamientos posteriores y también ocasionar daños en las instalaciones.

Aireación

Consiste en favorecer el contacto del agua con el aire ambiente con el propósito de oxigenar el agua ó eliminar gases presentes en ella que podrían llegar a afectar los siguientes procesos o que producen olores y sabores en el agua.

TRATAMIENTO CON QUÍMICOS

Medición del caudal

Es muy importante tener certeza sobre el caudal de agua cruda que se va a tratar, es decir, se *debe* medir continuamente y con la mayor precisión posible el caudal de agua cruda. El caudal, como se verá más adelante, es el dato inicial para calcular la cantidad de químicos a agregar al agua, para calcular tiempos de retención y eficiencia de los procesos.



La medición del caudal se realiza en canaleta Parshall, Vertedero o Canal cuando es a flujo libre. Por lectura visual utilizando una regleta o por lectura y registro electrónico a través de un sensor eléctrico o ultrasonido.

Tubos Venturi, Placa con orificio cuando se trata de flujo a presión.

Dosificación de coagulante

Dosificar consiste en la acción de agregar a todo el caudal una cantidad exacta de una sustancia química, predeterminada mediante ensayos, con el fin de obtener unos resultados definidos después de cada proceso. El coagulante es un producto químico que se agrega al agua con el propósito de producir desestabilización y aglutinación de los sólidos en suspensión en el agua. Los ensayos que se realizan para determinar la dosis de coagulante a agregarle al agua son los "ensayos de jarras" o de dosis óptima. El coagulante utilizado con mayor frecuencia es el sulfato de aluminio y eventualmente el cloruro férrico. Los equipos utilizados para la aplicación del coagulante y de cualquier otro producto químico se denominan dosificadores.

Mezcla rápida y coagulación

El coagulante agregado a todo el caudal de agua cruda debe mezclarse rápidamente. Para lograr la coagulación se requiere de una agitación vigorosa del agua. Además se debe generar turbulencia en el flujo para lograr el efecto esperado. La turbulencia puede ser hidráulica mediante un resalto en el canal o mecánica mediante agitación inducida utilizando equipo electromecánico. El coagulante reacciona con el agua inmediatamente es agregado, se produce hidrólisis, desestabilización de las partículas coloidales (en suspensión) y formación de

microfloc {pequeñas aglomeraciones de partículas desestabilizadas}, en este orden.

Los factores que influyen en la coagulación son:

- Las características del agua
- Las características de las sustancias químicas
- Las condiciones de mezcla rápida

Floculación

La floculación es un proceso de agitación suave y continua del agua con coagulantes con el propósito de que se formen los "Flocs" para que puedan ser removidos fácilmente por sedimentación.



Procedimiento de la fioculación

Después de que el coagulante se ha mezclado y coagulado en el agua empiezan a adherirse Y aglutinarse las partículas difíciles de sedimentar dando lugar a la formación de "flocs". Para que dichos "flocs" aumenten de tamaño Y adquieran el suficiente peso que les permita sedimentar, es necesario someter al agua a una agitación lenta durante un tiempo preestablecido. De esta manera las partículas contenidas en el agua se juntan con los flóculos recién formados y se adhieren a ellos. A este proceso de mezcla lenta se le denomina Floculación. Para que el fió culo pueda formarse completamente se requiere de una agitación decreciente, es decir, un poco más fuerte al principio, para luego ir disminuyendo hasta que sea muy leve al final, cuando el fió culo haya alcanzado su tamaño Y peso aproximado sin permitir que se sedimente el floculador. El periodo de retención debe est.ar entre 30 y 60 minutos .

- La velocidad de agitación no debe ser tan alta que rompa el floc ni tan baja que permita la sedimentación en el floculador.

El proceso de floculación se lleva a cabo mediante la utilización de estructuras llamadas floculadores, y los hay de tres clases:

- Mecánicos
- Hidráulicos
- Lodos suspendidos.

Floculadores Mecánicos

En los floculadores mecánicos se logra la agitación del agua con dispositivos o elementos tales como paletas, conjunto de paletas o rastrillos. Estos dispositivos se pueden adaptar a un eje vertical o horizontal. Los floculadores mecánicos están movidos por motores.

Lodos suspendidos

Con suspensión mecánica



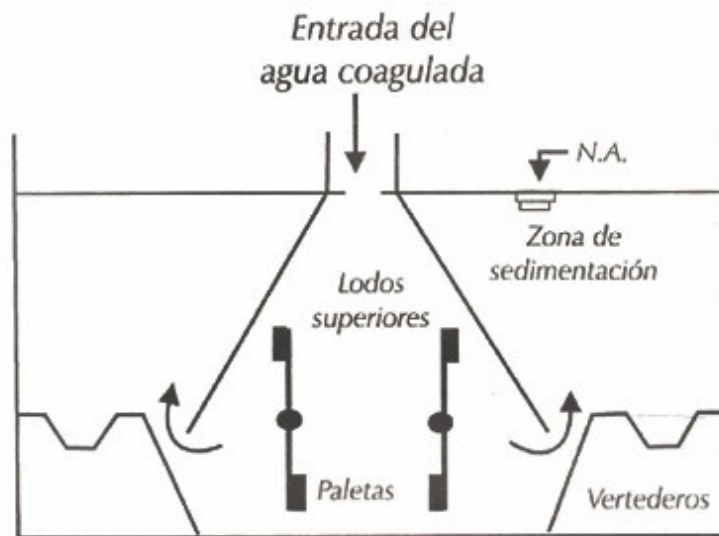
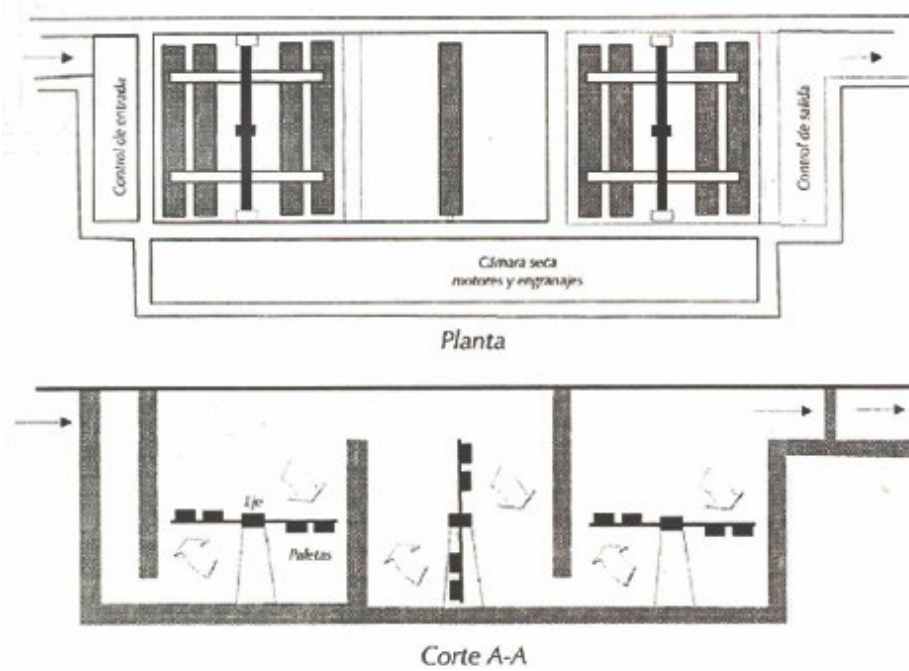


Fig. 7. Floculador mecánico de lodos suspendidos



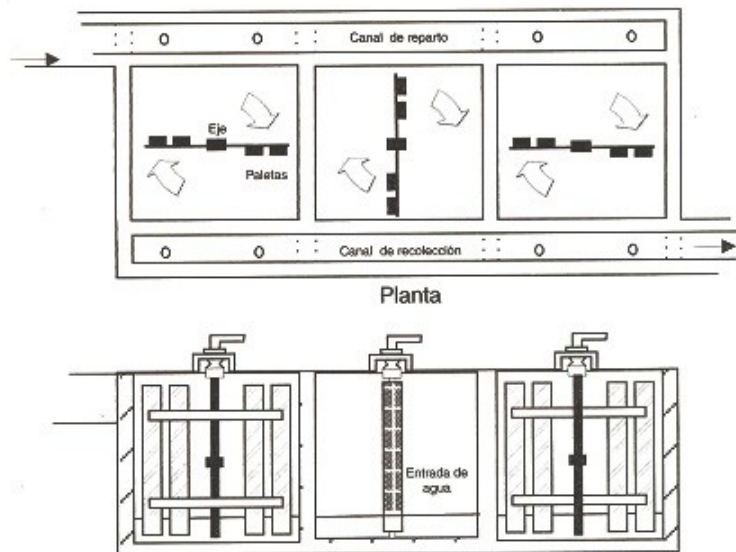
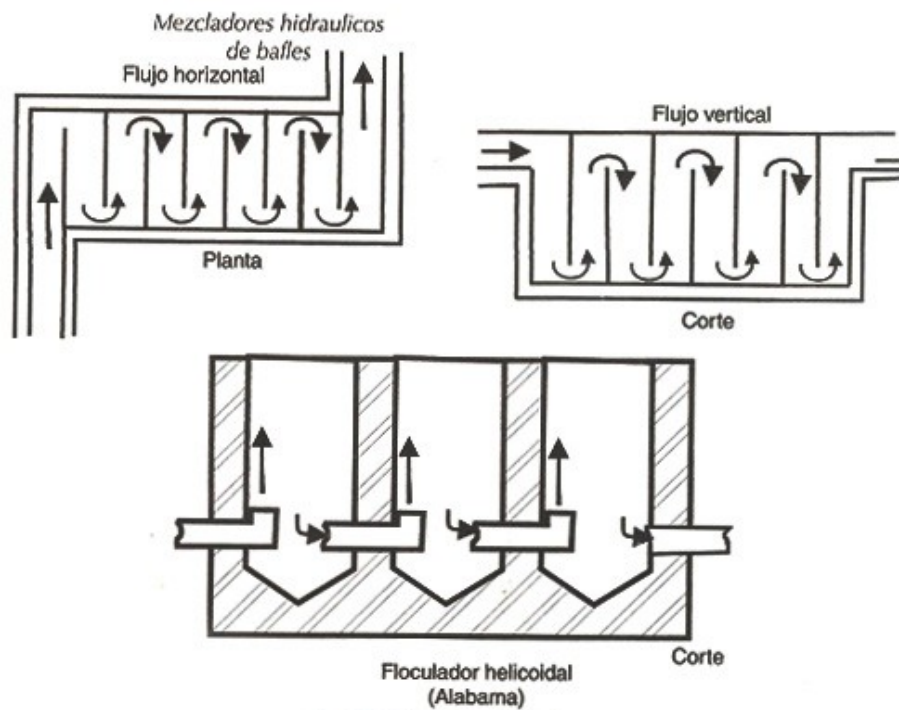


Fig. 22. Floculadores mecánicos de eje vertical en paralelo

Floculadores Hidráulicos

En los floculadores hidráulicos la agitación del agua se da por la velocidad de la misma Ejemplo: Canales de paletas, cámaras floculadoras colocadas en serie.



PRÁCTICAS DE CAMPO

Señor Facilitador:

Trasládese a la planta de tratamiento y haga que los participantes observen:

- Un proceso de Floculación
- Los floculadores que allí existan

Los participantes deben dibujar el floculador que existe en la planta de tratamiento que ellos manejan.

Revisen las partes mecánicas de los floculadores, condiciones de "flocs" analizando las diferencias que puedan presentarse en cada compartimiento.

Realice una práctica en el mismo sentido.

La Sedimentación

Es la remoción de partículas (flocs) formadas en la floculación, que se depositan en el fondo del sedimentador por la fuerza de la gravedad, (por su propio peso).



Con la sedimentación se produce la clarificación del agua.

Estructura en la cual se lleva a cabo la sedimentación.

La estructura en la que se lleva a cabo la sedimentación, es el sedimentador. En las plantas convencionales el sedimentador es un tanque en el cual pueden observarse cuatro zonas.



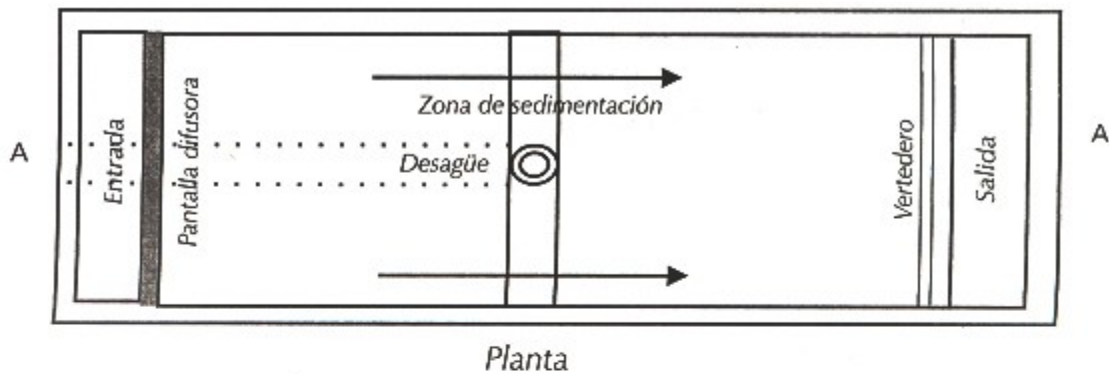


Fig. 24. Planta de un sedimentador

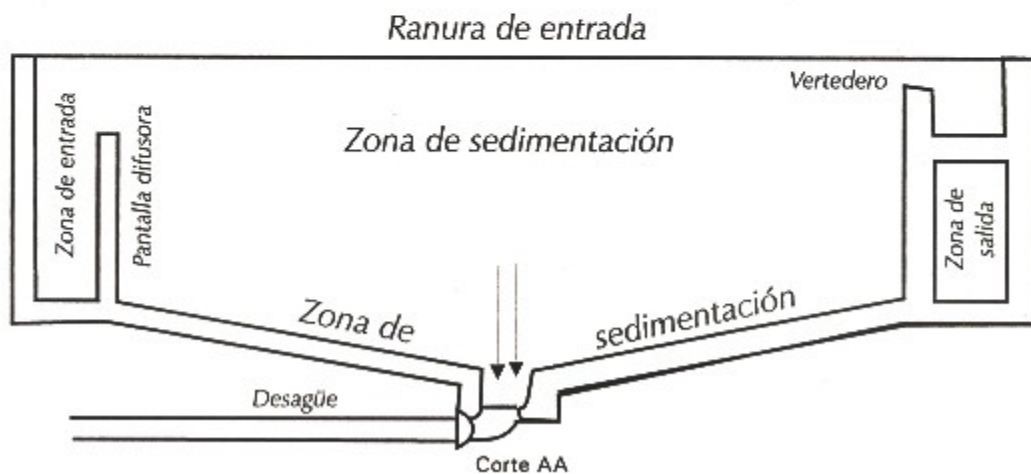


Fig. 25. Corte de un sedimentador

En cada una de estas zonas se lleva a cabo una función:

- La zona de entrada: Hace que se de un tránsito suave entre el flujo del agua que entra y el que se necesita en la zona de sedimentación.
- La zona de salida: Contribuye a que se le de un tránsito suave entre las zonas de sedimentación y el flujo de salida que también se le denomina efluente.
- La zona de lodo: Recibe el material sedimentado que debe ser drenado posteriormente.
- La zona de sedimentación: Es la parte del tanque para el asentamiento, libre de influencias de las otras dos zonas.



La velocidad horizontal del flujo, por diseño debe ser inferior a la velocidad con que se depositan las partículas (flocs), para que puedan depositarse y no sean arrastradas.

Tipos de sedimentadores

Existen varias formas de clasificar los tipos de sedimentadores, una de ellas es la diferencia por su forma, sentido de flujo y condición de funcionamiento:

Por su forma

- Rectangulares
- Circulares
- Cuadrados

Por el sentido de flujo

- Horizontales
- Verticales

Por las condiciones de funcionamiento

- Convencionales
- Laminares (tubos ó placas paralelas) ó modulares ó de alta tasa

La Filtración

Consiste en retener las partículas suspendidas y coloidales, que no se sedimentaron, haciéndolas pasar a través de un medio poroso. La filtración es una de las principales operaciones que se realizan en toda planta de tratamiento.

Hay varios objetivos que se logran a través del proceso de filtración y conviene conocerlos.

Los objetivos fundamentales de la filtración:

Remoción de bacterias. La eficiencia en este aspecto depende de la granulometría de la arena (tamaño e los granos de la arena; entre más fina sea esta, mayor será su eficiencia).

Remoción de la turbiedad remanente (que permanece)



Estructuras para la filtración

Para llevar a cabo la filtración se utilizan unas estructuras llamadas filtros. Los filtros son estructuras que contiene un medio poroso por donde pasa el agua sedimentada, en forma ascendente o descendente, dejando retenido en el medio filtrante las partículas que no se removieron en el sedimentador.

Clases de filtros

Hay dos clases de filtración la lenta y la rápida y la diferencia está en la velocidad con que se lleva a cabo el proceso.



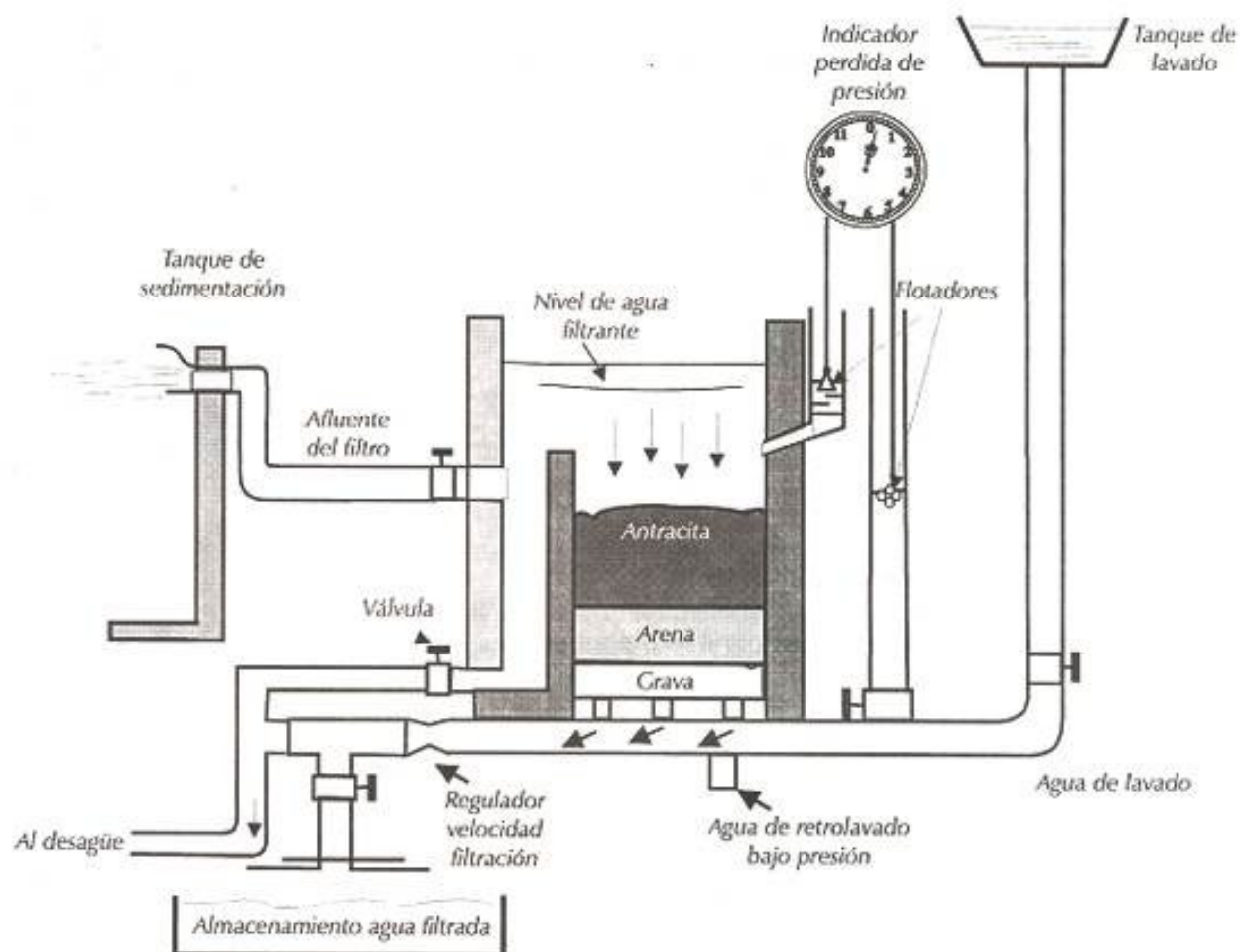


Fig. 26. Filtro rápido

De acuerdo con lo anterior nos encontramos con dos clases de filtros. Observe:



TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Es una forma de mejorar la calidad del agua haciéndola pasar por filtros de grava y arena

donde se retiene la contaminación que trae el agua sin la aplicación de productos químicos. Sólo se recomienda el uso de cloro como protección del agua en la red de distribución.

Solo se recomienda el uso de cloro como barrera de seguridad para proteger el agua ante una posible contaminación en el tanque de almacenamiento o en la red de distribución

Filtro grueso dinámico

El filtro grueso dinámico es el primer componente de la planta de tratamiento. Sirve para quitar parte de la turbiedad que trae el agua. Cuando el agua llega muy sucia, el filtro grueso dinámico se tapa en la parte de encima y evita que el lodo pase a los otros componentes, protegiendo así al filtro grueso ascendente.



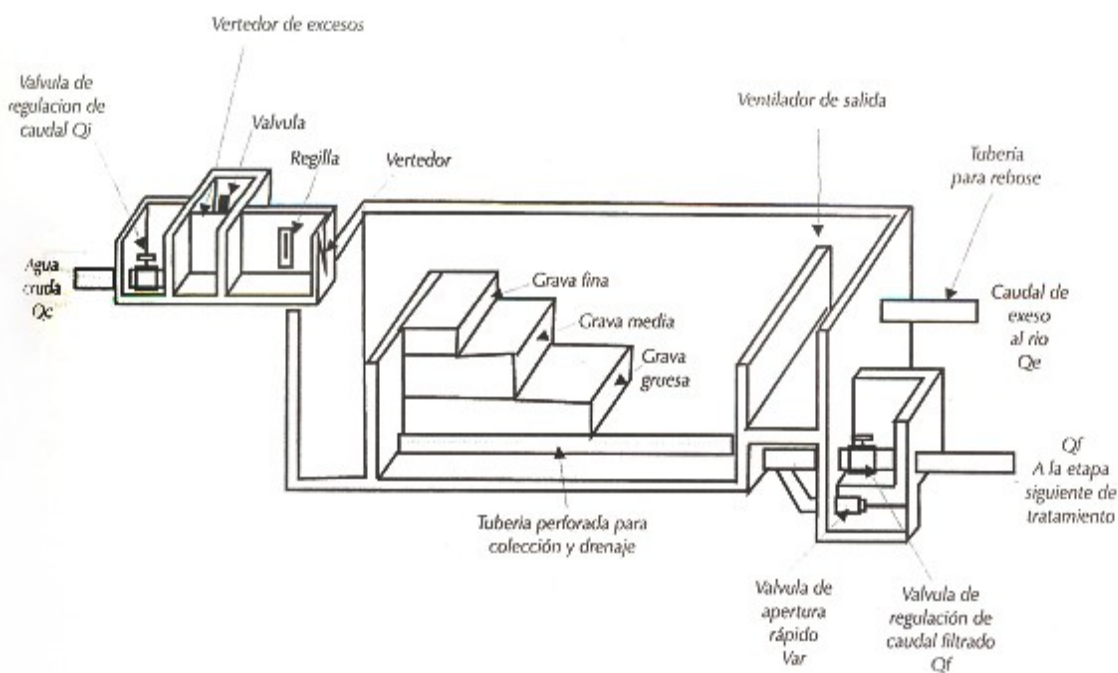


Fig. 27. Filtro dinámico de flujo descendente

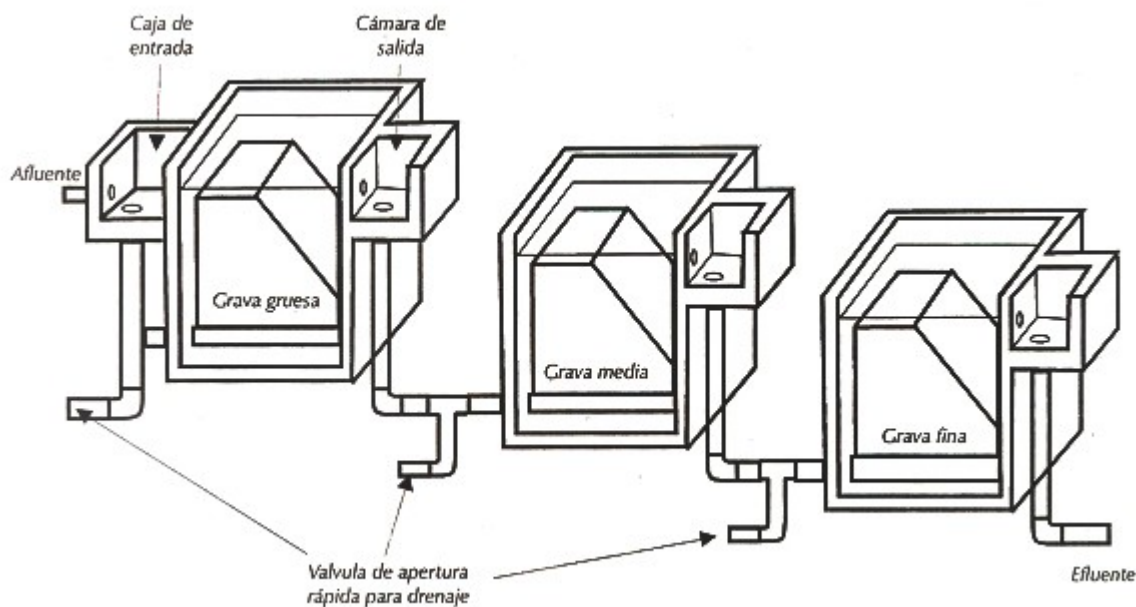
Funcionamiento

El agua llega a la cámara de entrada y de allí pasa al lecho de grava por donde se filtra de arriba hacia abajo (de manera descendente). En el fondo del filtro el agua es recogida por una tubería perforada (tubería de recolección) y luego pasa a la tubería que la lleva al filtro grueso. El agua que no se filtra pasa por encima de la grava hacia la cámara de rebose, y su paso arrastra parte del lodo que se ha acumulado sobre la superficie de la grava.

Filtro grueso ascendente

Es el segundo componente de la planta de tratamiento, sirve para remover turbiedad y parte de los microbios que han pasado por el Filtro Grueso Dinámico.



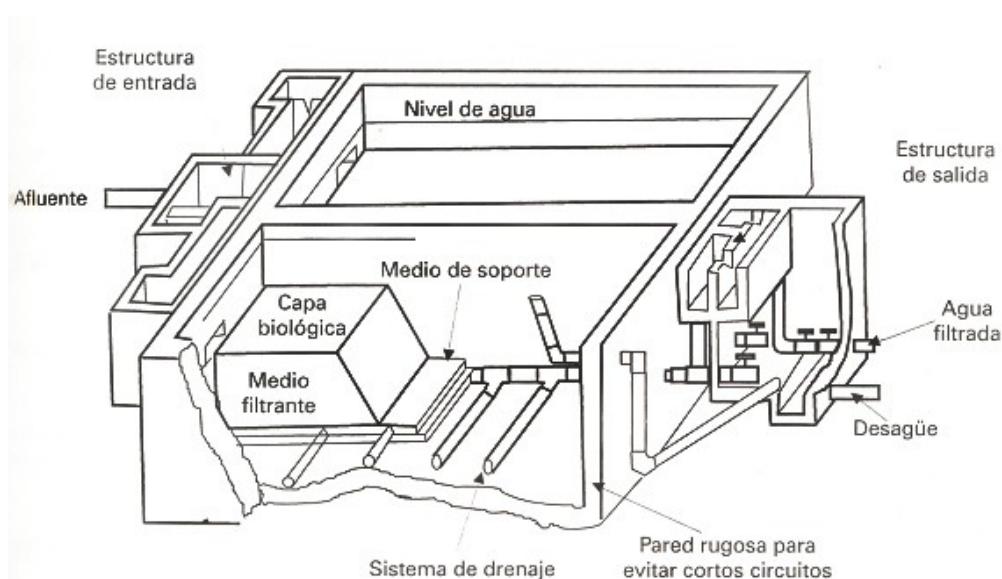


Funcionamiento

El agua llega por las canaletas a las cámaras de entrada y se distribuye por la tubería perforada que hay en el fondo del filtro; de allí el agua sube a través de las capas de grava hasta la superficie, de donde pasa a la cámara de salida que va al Filtro Lento.

Filtro lento

El filtro lento es el último componente de la planta de tratamiento. Está compuesto por:



Utilidad del Filtro Lento

Para quitarle al agua los microorganismos que causan enfermedades y la turbiedad que aun, tiene después de pasar por los otros filtros. Cuando el filtro se opera bien y está funcionando normalmente, el agua que sale está libre de microorganismos y puede ser consumida sin riesgo para la salud.

Funcionamiento

El agua llega por las canaletas a las cámaras de entrada y de allí pasa a la superficie de la arena por una ventana en la pared del filtro. El agua que llega a la superficie, baja a través de la arena y es recogida en el fondo por una tubería perforada que la lleva a la cámara de salida, de donde pasa al tanque de almacenamiento.

En la superficie de la arena se forma una CAPA BIOLÓGICA compuesta por los microorganismos que llegan en el agua. Esta capa es importante porque los microorganismos que la forman se alimentan de la suciedad y de los microbios que trae el agua, evitando que lleguen hasta las personas. Para que la capa biológica pueda cumplir con su función de purificar el agua es necesario protegerla evitando que llegue agua con mucho lodo y que se introduzcan palos, piedras u otros objetos al filtro.

Durante los dos primeros meses de funcionamiento de los filtros lentos no se puede asegurar que el agua que sale esté libre de los microorganismos que causan enfermedades, ya que la capa biológica aún se está formando.

Por esta razón, se recomienda que al comienzo, los filtros lentos funcionen con un caudal bajo y que durante los dos meses de maduración de la capa biológica se vaya aumentando poco a poco este caudal

¿Cómo se realiza el arranque del Filtro Lento?

Inicie la operación de los filtros lentos con el 25 % del caudal y manténgalos así durante 3 semanas. Si al cumplir las tres semanas la turbiedad del agua es menor que 5, aumente el caudal hasta la mitad (50%) y manténgalos así otras tres semanas.

Si al cumplir seis semanas de estar funcionando, la turbiedad continúa siendo menor que 5, aumente el caudal al 75% y manténgalos así por tres semanas más.

Al cumplir las 9 semanas, mida la turbiedad que sale y si es menor que 5, ponga a funcionar los filtros con el caudal normal.



Si al cumplir cada período de 3 semanas encuentra que la turbiedad del agua a la salida de los filtros lentos es mayor que 5, continúe operando los filtros con el mismo caudal que tiene en ese momento, hasta que la turbiedad sea menor o igual que 5.

Recuerde asegurar la desinfección del agua que sale de los filtros lentos; si esto no es posible, avise a la comunidad para que hierva el agua.

TIPOS DE PLANTAS

Las plantas según los procesos que se realizan en ella reciben distintos nombres.

PLANTAS CONVENCIONALES

En nuestro país se les llama convencionales a las plantas en las cuales se realizan: coagulación, sedimentación, filtración, cloración, sin precisar sobre el tipo de instalación existente para cada proceso. Es el tipo de planta mas frecuente en Colombia.

PLANTAS DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS

Se denomina así a las plantas en donde existe filtración en múltiples etapas.

PLANTAS DE FILTRACIÓN DIRECTA

En donde el agua es llevada directamente a los filtros y enseguida se clora. Para su aplicación debe tenerse un agua cruda con turbiedades muy bajas.

PLANTA DE FILTRACIÓN EN LÍNEA

Se realiza coagulación, filtración y cloración.

PLANTA COMPACTA

Se denomina así a la planta en la cual se llevan a cabo todos los procesos en el mismo tanque.

PRÁCTICAS DE CAMPO

Desplazarse a la planta de tratamiento e identificar el tipo de tecnología de tratamiento y los procesos.

Cada participante elaborará un diagrama de la planta de tratamiento de su lugar de origen, identificando los procesos de tratamiento.

RESUMEN DE IDEAS

En general existen dos formas o tecnología de tratamiento:



Tratamientos con químicos Tratamiento biológico

La selección de tecnología del tratamiento se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

- La calidad del agua cruda
- El caudal a tratar
- Disponibilidad de energía
- Disponibilidad de recursos para inversión, operación y mantenimiento
- Disponibilidad de mano de obra calificada
- Disponibilidad de materiales para construcción
- Aceptabilidad por parte de la comunidad y autoridades locales

El uso del cloro se recomienda sólo como barrera de seguridad para proteger el agua ante una posible contaminación en el tanque de almacenamiento o en la de distribución.

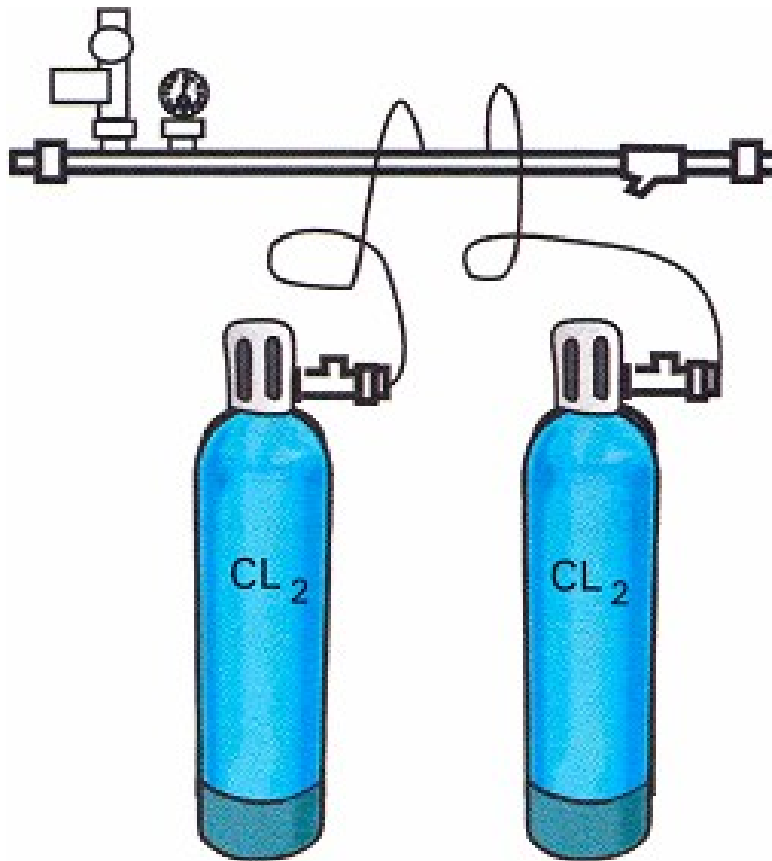
EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

Diagramar e identificar los procesos de las tecnologías de tratamiento con químicos y biológicos.



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico



Capítulo 5 DESINFECCIÓN



TABLA DE CONTENIDO

	Pág
DESINFECCIÓN	88
¿EN QUÉ CONSISTE LA DESINFECCIÓN	88
FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DESINFECCIÓN	89
TIEMPO Y REACCIÓN	89
TEMPERATURA	89
pH	90
MÉTODOS DE DESINFECCIÓN	90
HERVIR EL AGUA	90
EL CLORO Y COMPUESTOS DEL CLORO	90
LA CLORACIÓN	91
¿QUÉ ES CLORO?	91
PUNTOS DE APLICACIÓN	91
VALOR RESIDUAL DEL CLORO	91
DEMANDA DE CLORO	92
COMPUESTOS DEL CLORO	97
MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL MANEJO DEL CLORO	98
PELIGROS PARA LA SALUD	99



PRESENTACIÓN

La desinfección del agua es una de las tareas más delicadas en las plantas de tratamiento. Exige por parte del operador, además de los conocimientos teórico:; una alto concepto de ética y responsabilidad.

Este capítulo presenta los aspectos relevantes de dicho proceso, los requerimientos para el manejo del cloro y de los cloradores. Incluye también las normas de seguridad que deben observarse en el manejo del cloro.

OBJETIVOS

Con el estudio de este capítulo se espera que el estudiante quede capacitado para:

- Describir el proceso de desinfección.
- Hacer el manejo correcto del cloro y los equipos cloradores.



DESINFECCIÓN

En los procesos de purificación del agua, tales como coagulación, sedimentación y filtración, se remueve entre el 80 y el 95 % del total de organismos en el agua. Sin embargo, en la mayoría de los casos, todavía queda suficiente número de organismos para hacer el agua impotable por lo cual es necesario eliminar esos organismos mediante la desinfección.

La desinfección debe producir una disminución de microorganismos hasta una concentración tal que no perjudique la salud.

La desinfección es diferente a la esterilización mediante la cual se logra una destrucción total de la población bacteriana.

¿EN QUÉ CONSISTE LA DESINFECCIÓN?

La desinfección consiste en la aplicación directa al agua de sustancias químicas o en la utilización de medios físicos para eliminar de ella agentes patógenos, capaces de producir infección o enfermedad en el organismo del ser humano.

Dentro de los agentes más asociados, se encuentran:

Bacterias. Protozoos. Virus.

Y muchos otros organismos patógenos presentes en el agua.

Dada la propagación que en los últimos tiempos ha tenido el cólera, vale la pena que el operador de planta tenga una mayor información sobre esta enfermedad.

El cólera es producido por una bacteria que sobrevive mejor en el agua que en los alimentos dependiendo del pH, temperatura, grado de contaminación, materia orgánica presente, contenido de sal, de carbohidratos y presencia de otras bacterias.

El hombre se infecta a través de la ingestión del agua y de alimentos contaminados. El cólera se transmite por vía oral. El deficiente tratamiento en el abastecimiento de agua e instalación de desagües, hacen que sea un medio de transmisión de la bacteria del cólera.

Las estrategias de prevención incluyen la higiene personal, disposición sanitaria de excretas, desinfección del agua para consumo.



FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DESINFECCIÓN

Existen muchos factores que influyen en la desinfección del agua y que por lo tanto deben tenerse en cuenta. Entre otros, pueden mencionarse:

La naturaleza y número de los organismos patógenos que van a ser destruidos.

El tipo y concentración del desinfectante usado.

La temperatura del agua, entre más alta sea es más rápida la desinfección.

El tiempo de contacto de los desinfectantes con el agua.

La naturaleza del agua que va a ser desinfectada.

El pH (acidez, alcalinidad) del agua.

La mezcla, una buena mezcla asegura la adecuada dispersión del desinfectante.

El punto de aplicación, normalmente después de la filtración y antes de la corrección del pH.

Ocupándose del cloro como desinfectante más usado se presenta la información sobre tres de los factores más importantes, anteriormente mencionados:

TIEMPO Y REACCION

Estos dos factores están íntimamente ligados, pues de los dos depende lo siguiente:

La duración del período de reacción disponible para la desinfección.

La cantidad del desinfectante.

Si se cuenta con el cloro combinado, que es un desinfectante débil, debe proporcionarse una concentración mayor y garantizarse también un mayor tiempo de contacto.

Si va a mantenerse el cloro libre, que es un desinfectante activo, entonces el período de reacción puede ser proporcionalmente menor.

TEMPERATURA

La temperatura del agua afecta considerablemente la acción desinfectante del cloro residual. Con una temperatura mayor, siendo iguales todos los demás factores, la reactividad del cloro debe ser mayor, la concentración de cloro combinado es mayor que la de cloro residual libre.



pH

Como ya se ha dicho antes el pH del agua afecta la acción desinfectante del cloro, lo cual puede plantearse así:

Si $5.0 > \text{pH} < 6.0$ se presenta menor desinfección.

Si el $\text{pH} > 7.3$ se presenta mayor residual de cloro libre.

MÉTODOS DE DESINFECCIÓN

La desinfección puede llevarse a cabo a través de dos tipos de métodos que se exponen a continuación.

HERVIR EL AGUA

Es una práctica segura y tradicional, siempre y cuando se efectúe por un tiempo no inferior a 15 minutos. Destruye microorganismos patógenos tales como virus y bacterias. Aunque es efectivo como tratamiento casero, no es posible para abastecimiento público de agua.

EL CLORO Y COMPUESTOS DEL CLORO

Tanto el cloro como sus compuestos, se utilizan, en todos los acueductos de Colombia y es la operación más generalizada en las plantas de tratamiento. Hasta el momento es la que ha dado mejores resultados, es de fácil aplicación y tiene efecto residual.

Se aplica en forma de gas o de diversos compuestos que lo contienen tales como:

El hipoclorito de calcio El hipoclorito de sodio

Otros métodos de desinfección son:

- Irradiación con luz ultravioleta.
- Adición de iones metálicos como cobre o plata.
- Adición de álcalis o ácidos.
- Acción de oxidantes como el ozono y otros halógenos (Iodo)

PRÁCTICA DE CAMPO

Señor Facilitador:

Haga con sus alumnos un trabajo de grupo en el cual se describa el proceso de desinfección, los factores que influyen y los métodos de desinfección.



LA CLORACIÓN

La desinfección del agua mediante cloración, se da desde comienzos del siglo veinte, es la práctica más importante, en la historia del tratamiento del agua. En la cloración se manejan conceptos que el operador debe conocer, razón por la cual se exponen en este capítulo en forma resumida.

¿QUÉ ES CLORO?

Es un gas tóxico de color amarillento-verdoso de olor penetrante, especialmente se encuentra en la naturaleza combinado con otros elementos. Es más pesado que el aire, por esta razón en sitios donde hay escapes debe evitarse estar en las partes bajas.

También se encuentra en estado líquido (licuificado por compresión) y en esta forma puede causar quemaduras en la piel. Un volumen líquido genera alrededor de cuatrocientos cincuenta volúmenes de gas cloro.

El cloro líquido es más pesado que el agua. Vaporiza a baja temperatura y presión atmosférica normal y se disuelve fácilmente en el agua.

PUNTOS DE APLICACIÓN

. La precloración

La precloración es la aplicación del cloro anterior a cualquier otro tratamiento. Por lo general tiene el propósito de controlar las algas, el sabor y el olor del agua .

. La poscloración

Se refiere a la aplicación del cloro después de otros procesos de tratamiento, particularmente después de la filtración y con ella se pretende garantizar un agua de bajo riesgo sanitario.

VALOR RESIDUAL DEL CLORO

Cuando se agrega cloro al agua, este reacciona con diferentes tipos de sustancias que lo "consumen". Por este motivo se necesita agregar una cantidad de cloro que sea suficiente para que reaccione con las diversas sustancias y aún quede un exceso o cantidad residual, si se quiere destruir las bacterias y proteger el agua de posible contaminación posterior. A la cantidad de cloro en "exceso" que se deja en el agua se le llama residual del cloro.



Varios métodos permiten determinar la cantidad de cloro residual. Los más utilizados son la prueba de "ortotolidina -arsenito", el método del DPD y el yodométrico.

DEMANDA DE CLORO

La demanda de cloro de un agua determinada es la cantidad de cloro que se necesita para que reaccione con las sustancias orgánicas y con otras que contenga.

En otras palabras la demanda de cloro es la diferencia que existe entre la cantidad de cloro que se agrega y la permanente como residual después de un determinado tiempo de contacto.

La demanda de cloro varia de acuerdo con:

- La cantidad de cloro agregada
- La clase de cloro residual que se desee
- El tiempo de contacto
- La temperatura del agua
- Las características físico - químicas del agua

Las determinaciones de la demanda de cloro permiten conocer la cantidad que se debe aplicar a un agua para producir un cloro residual disponible, especificado, bien sea libre, combinado o total después de un determinado tiempo de contacto.

En aguas que contienen amoníaco o compuestos orgánicos de nitrógeno, la cloración con dosis de cloro inferiores a las necesarias para alcanzar el "punto de quiebre" ó "punto de ruptura", conduce a la producción de cloraminas y de otros cloroderivados, que se presentan como cloro combinado. La cloración a dosis superiores al punto de quiebre conduce a la destrucción de materia orgánica y obtener un cloro residual libre.

El cloro residual libre es desinfectante más activo que las cloraminas.

- Procedimiento para hallar demanda de cloro:

Materiales y reactivos:

Solución de cloro a una concentración de 100 mg/lit, obtenida diluyendo y normalizando la solución que se obtenga del agua alimentada por un clorador de solución. También puede prepararse diluyendo 10 ml de zonite de reciente preparación hasta 1 litro, con agua destilada, o con



hipoclorito de sodio o calcio de solución normalizada a concentración 0.01 %.

Reactivo de Ortotolidina (OT)

Solución de arsenito.

6 frascos o botellas limpios, con capacidad de unos 250 ml.

Unidad comparadora de OT para determinar cloro con patrones permanentes de cristal (Hellige o Wallance and Tiernan).

18 celdas adicionales para el comparador.

Procedimiento:

En cada uno de los 6 frascos viértanse porciones de 100 ml. de la muestra.

Al primer frasco agréguese 0.5 ml de la solución de cloro de 100 mg/lt. o sean 0.5 mg/lt; Al segundo agréguese 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 Y 3.0 sucesivamente a los otros frascos, agitándolos. Se recomienda también partir del primer frasco con una concentración de 0.2 ml de solución de cloro de 100 mg/lt y seguir aumentando en un rango de 0.2, para 10 frascos, al #10 se le agregan 2 mg/lt de cloro.

Déjense reposar 10 minutos o un tiempo igual al periodo de contacto correspondiente al punto de control.

Al terminarse este tiempo, determínese la clase y concentración del cloro residual de cada frasco, mediante la prueba OT A (consúltase "Cloro residual"). La dosis menor no debe mostrar ninguna clase de cloro residual y la dosis mayor debe arrojar resultados mucho mayores que los que se requieren en la operación en la planta.

Si las cantidades de solución de cloro que se usaron no producen estos resultados, deben escogerse diferentes proporciones y agregarse a nuevas proporciones de muestra reciente, hasta que se logren los resultados deseados.

Resultados:

La demanda de cloro es igual a los mg/lt de cloro que se agregaron, menos los mg/lt de cloro residual, después de un determinado período de contacto según se determinen por la prueba OT o OPO. Esta demanda varía según las



diferentes dosificaciones de cloro; porque la demanda aumenta con la dosificación.

Procedimiento para hallar el Cloro residual

Prueba de la ortotolidina-arsenito.

Prueba Yodométrica (Práctico).

Prueba del OPD.

Prueba de la ortotolidina-arsenito

Materiales y reactivos:

Unidad comparadora para determinar cloro con patrones permanentes de cristal (Hellige o Wallace and Tiernan)

Reactivo de ortotolidina (OT).

Reactivo de arsenito.

Celdas adicionales de cristal para el comparador

Procedimiento

(para aplicarse con el comparador de Wallace and Tiernan).

1. Reténgase las muestras hasta que se complete el período de contacto de 10 minutos que se requiere, a no ser que haya transcurrido un tiempo mayor desde la aplicación del cloro hasta la recolección de la muestra.
2. Selecciónense tres celdas para el comparador de cloro. Márquese a una con la letra A, a otra con la letra B y la otra con las letras OT.
3. A la celda OT agréguese un gotero completo de re activo de ortotolidina (OT), y llénese hasta el aforo con la muestra. Déjese reposar durante 5 minutos. Si su temperatura es inferior de 20°C, caliéntese la muestra y la OT en la celda, hasta dicha temperatura, mediante inmersión en un baño de agua ligeramente más caliente.
4. A la celda A, agréguese un gotero completo de reactivo OT, llénese hasta el aforo con la muestra, agréguese un gotero completo de re activo de arsenito y mézclese mediante agitación vigorosa. (En el comparador de Hellige se coloca la celda A en el compartimiento de la derecha y la celda B en el de la izquierda).



5. A la celda B se le agrega primero un gotero completo de reactivo de arsenito, luego se llena con muestra hasta el aforo y finalmente se le agrega un gotero completo de reactivo OT, mezclándose con agitación vigorosa.
6. Colóquese la celda A en el compartimiento de la izquierda del comparador y la celda B en el de la derecha; hágase girar el disco hasta que un color coincida en ambos lados del campo que se ve a través del ocular.
7. El valor que se lee es directamente el cloro residual libre.
8. Después de cinco minutos, se coloca la celda OT en el compartimiento de la izquierda del comparador y la celda A en el de la derecha; hágase girar el disco hasta que un color coincida en ambos lados del campo que se ve a través del ocular. (En el comparador Hellige colóquese la celda A en el comparador de la derecha y la celda B en el de la izquierda).
9. El valor que se lee es directamente cloro residual combinado.

Resultados:

Los resultados que se leen directamente en el comparador, se dan mg/lit de cloro residual libre o cloro residual combinado.

Si no se desarrolla ningún color inmediatamente en la celda A (paso No. 4) no hay cloro residual libre presente y, por lo tanto, no es necesario usar la celda B (paso No. 5). Sin embargo, siempre debe hacerse el paso No. 4 (de la celda A) porque es la porción testigo que se usa con la celda OT (del paso No. 8) para compensar por sustancias que interfieren.

Prueba yodo métrica (Método **DPD**)

Es un método práctico cuando no existe a mano otra alternativa, da idea solo para dosis de cloro mayores a 0.25 y hasta unos 3.0 mg/lit de cloro total o libre.

Reactivos:

Acido Acético - vinagre blanco a base de alcohol

Almidón común de yuca.

Solución de yoduro de potasio de aprox 1 .8 %-yodo farmacéutico preparado como se indica a continuación.



Procedimiento:

Colocar en un recipiente 60 ml (6 cucharadas soperas) de yodo comprado en la mezcla.

En una pieza bien ventilada, colocar el recipiente con el yodo a la acción del vapor de agua (Baño María).

1. El recipiente debe permanecer al vapor hasta que se seque o evapore todo el yodo colocado en él (Cerca de 10 minutos).
2. Adicionar sin quitar el recipiente del Baño María 100 ml de agua destilada (10 cucharadas soperas o una copa común tipo americano llena hasta el borde), lavando los bordes del recipiente.
3. Dejar esta solución que tendrá color amarillento a la acción del vapor, hasta quedar totalmente incolora (cerca de 50 minutos)
4. Vaciar el contenido del recipiente en una copa común de 100 ml completando dicho volumen con agua destilada (llenar la copa hasta el borde).

Si logramos la medida aproximada de 100 ml tendremos una solución de yoduro de potasio cercana al 1.8 % la cual se debe guardar en un frasco oscuro.

Método de análisis

Recoger 50 ml de muestra en varios frascos de vidrio con diferentes dosis de cloro después del tiempo previsto de contacto. Tomar además 50 ml de agua sin desinfectante (50 ml 1/2 copa tipo americano).

Agregar a las muestras 1 5 ml de vinagre blanco como el especificado anteriormente (1 1/2 cucharada sobera).

Adicionar a las muestras 5 ml de la solución de yodo preparada (1 cucharadita O 1.2 sobera). Esperar un minuto.

A continuación agregar a las muestras un poquito de almidón, agitar y esperar 5 minutos.

Luego mirar los colores colocando los recipientes de vidrio sobre un fondo blanco, la muestra sin cloro no debe variar de color, quedará algo turbia y blanquecina.



Colores Dados por las Muestras con Cloro	
Ligeramente rosado o rojo menos de 1 mg/lt.	0.3 a 0.8 mg/lt
Rojo violeta menos de 2 mg/lt	0.9 a 1.7 mg/lt
Rojo violeta o lila azulados cerca a 2 mg/lt	1.5 a 2.2 mgr/lt
Rojo azulado menos de 3 mg/lt	2.1 a 2.7 mg/lt
Rojo azulado con grumos oscuros cerca de 3 mg/lt	2. 7a 3.1 mg/lt

Método del **DPD**

Método analítico

En ausencia del ión yoduro, el cloro residual libre reacciona instantáneamente con el reactivo N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) para formar un compuesto de color rosado violeta, cuya intensidad es proporcional a la concentración de cloro residual libre presente, pudiendo determinarse volumétrica o espectrofotométricamente.

El método permite además cuantificar el cloro residual combinado, ya que al agregar una pequeña cantidad de ion yoduro, este reacciona catalíticamente sobre las monoclaminas produciendo un color extra que puede medirse en la misma forma. En este manual presentamos el método volumétrico.

Materiales y reactivos Arsenito de sodio al 0.5 % Indicador de DPD

Yoduro de potasio en cristales Solución reguladora de fosfatos

Sulfato ferroso amoniacal (1 mi = 0.1 mg de Cl_2)

Vidriería

Bureta de 10 mi graduada en 0.01 mi Erlenmeyer de 250 mi

Pipetas graduadas de 5 mi

Probetas de 100 mi

Otros

Cuchara de medición (para un gramo) Soporte y pinzas para bureta

Pera de caucho o propipeta

Procedimiento

1. Colocar 5 mi de solución reguladora de fosfato y 5 mi del indicador de DPD en Erlenmeyer vacío de 250 ml.



2. Medir en probeta de 100 ml, de la muestra de agua, adicionarle en el Erlenmeyer dispuesto y mezclar. Si no hay aparición de color el cloro residual libre es igual a cero (O). En caso contrario seguir con el paso siguiente.
3. Titular la muestra rosada desde una bureta que contenga la solución estándar de sulfato ferrosoamoniaco, gota a gota y con agitación constante hasta que desaparezca completamente el color.
4. Calcular la concentración de cloro residual libre en la muestra de agua a partir del gasto de solución de sulfato ferroso amoniaco.
5. Adicionar sobre la solución remanente de la titulación anterior (aún en el caso de que el cloro residual libre haya sido cero), cristales de yoduro de potasio (aproximadamente 1 g con una cucharilla de medición).
6. Mezclar hasta disolución completa y observar después de 2 minutos de reposo. Si no hay coloración alguna, el cloro residual combinado es igual a cero (O). Si aparece color continuar con el siguiente paso.
7. Titular la muestra rosada con la solución de sulfato ferroso amoniaco, gota a gota hasta la completa desaparición del color y a partir del gasto calcular el cloro residual combinado.

COMPUESTOS DEL CLORO

Los dos clorados más conocidos son:

El hipoclorito de sodio El hipoclorito de calcio

- Hipoclorito de sodio

Se consigue en forma líquida con un contenido aproximado del 12% de cloro, es decir, que un litro de hipoclorito de sodio contiene 120 gms de cloro libre puro; bajo esta forma tiene una estabilidad de uno o dos meses.

El hipoclorito se descompone por la acción de la luz y el calor, por lo tanto debe almacenarse en un recipiente opaco, en locales frescos y protegidos por la luz solar.

Algunos autores llaman a este hipoclorito, lejía, y se consigue con el nombre comercial de Perclorito Es una buena opción para pequeños acueductos en zonas rurales.

Se caracteriza porque absorbe humedad de la atmósfera, es corrosivo y de olor fuerte .



- Hipoclorito de calcio

Se encuentra en forma granulada o en polvo, de color blanco y contiene aproximadamente un 70% de cloro. Tiene una estabilidad grande dependiendo lógicamente de su empaque y almacenamiento.

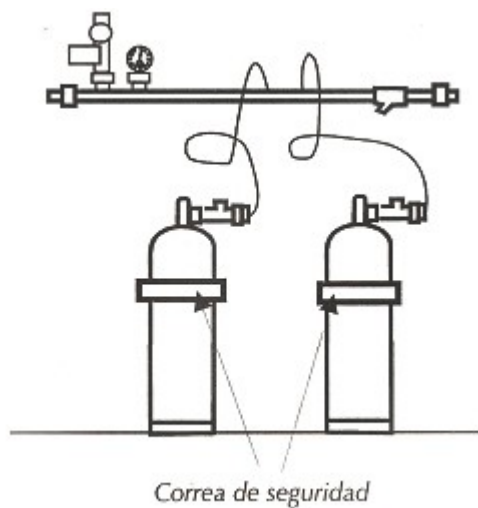
Igual que el hipoclorito de sodio, la luz y el calor lo afectan. Comercialmente el hipoclorito de calcio puede conseguirse con el nombre de HTH - Percloron - Pitclor. Se caracteriza por absorber poco la humedad de la atmósfera

MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL MANEJO DEL CLORO

Las plantas de cloro gaseoso y las reservas de cloro deben ubicarse en lugares seguros donde no tengan acceso personas no autorizadas.

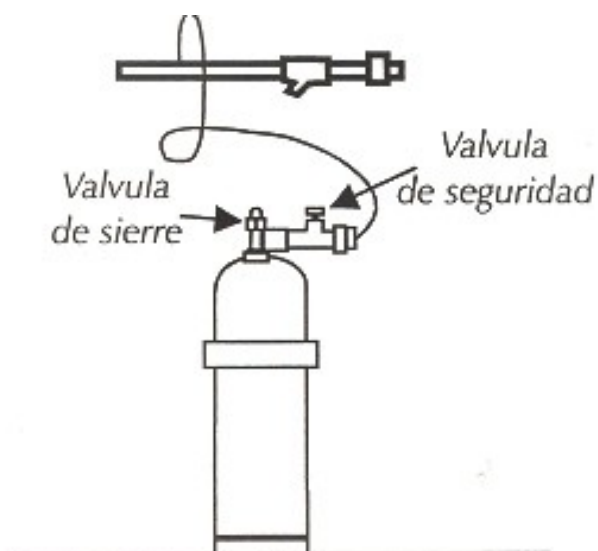
Solo las personas debidamente capacitadas en la operación y mantenimiento de plantas de cloro gaseoso y en el manejo de cloro pueden asumir estas tareas.

Los cilindros de cloro, llenos y vacíos, deben estar almacenados por separado, asegurarse individualmente por medio de correas de seguridad para impedir su caída, y evitar daños en la línea de conexión.



El equipo de dosificación de cloro gaseoso debe tener válvulas de cierre {válvulas auxiliar del cilindro de cloro}, por medio de las cuales se puedan cerrar las líneas de conexión al cambiarse los cilindros.





- El Cloro gaseoso no debe estar expuesto directamente a la, Luz del sol u otras fuentes de calor, se le debe guardar en ambientes secos.

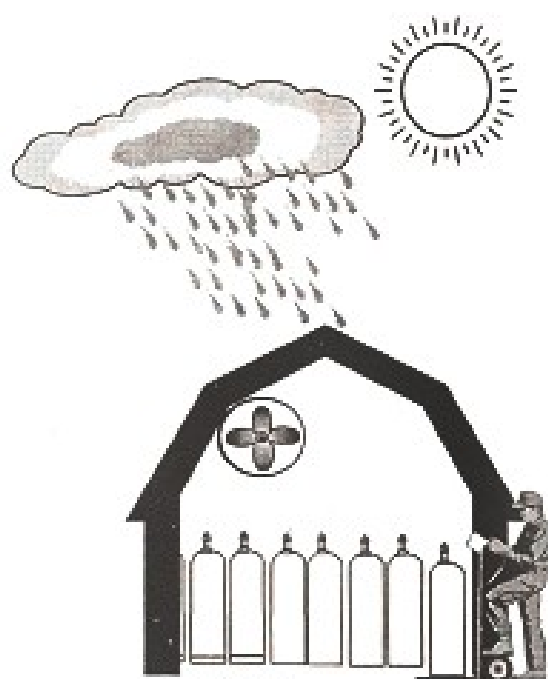


Fig. 33



- Cuando se realiza algún trabajo donde pueda haber escape de cloro gaseoso debe hacerse al aire libre, protegido de la intemperie, o en habitaciones bien ventiladas. Si los medios naturales de ventilación son insuficientes, debe instalarse un ventilador.

PELIGROS PARA LA SALUD

El cloro gaseoso irrita los ojos y los órganos respiratorios, causando náuseas, tos, vómitos, con fuertes espasmos; los síntomas agudos por lo general aparecen inmediatamente después de la inhalación.

La muerte puede ocurrir cuando se está expuesto por mucho tiempo a la inhalación de cloro en altas concentraciones.

Según el período de contacto el cloro líquido puede causar quemaduras graves a la piel y una inflamación considerable, incluyendo ampollas.

PRÁCTICAS DE CAMPO

Los alumnos deben hacer un listado de las precauciones y medidas de seguridad que se

deben tener en cuenta con el manejo del cloro y los equipos.

Hacer una demanda de cloro en la planta siguiendo el procedimiento.

Hallar el cloro residual de acuerdo con el procedimiento.

Que cada participante explique los procedimientos que se siguen en la planta que maneja para hallar el cloro residual y la demanda.

RESUMEN DE IDEAS

Con la desinfección se logra una disminución de la población bacteriana hasta una concentración tal que no perjudique la salud.

Con la esterilización se logra una destrucción total de la población bacteriana.

Los tres factores más importantes en la desinfección del agua son el tiempo y reacción, temperatura y el pH.

La precloración es la aplicación de cloro anterior a cualquier tratamiento.

La poscloración se refiere a la aplicación del cloro después de otros procesos de tratamiento.



La demanda de cloro del agua es la cantidad de cloro que se necesita para que reaccione con las sustancias orgánicas, compuestos nitrogenados y con otras que mantenga el agua.

La determinación de la dosis de cloro obedece a una norma predeterminada en el diseño de la planta y debe conservarse, salvo casos especiales como cambios en la calidad del agua, queda a juicio del operador el cambio de la dosis. Debe reportar al jefe de la planta sobre los cambios producidos.

La operación de los sistemas de dosificación de cloro y la manipulación de recipientes, requieren de atención y cuidado. Se deben seguir las recomendaciones para evitar ocurrencia de fugas de cloro o accidentes de trabajo.

EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

El aprendizaje de este capítulo puede verificarse mediante el desarrollo de las siguientes actividades por parte de los alumnos:

Determinar el cloro residual de acuerdo con las técnicas utilizadas en su planta.

Hacer una demanda de cloro utilizando las técnicas de la planta.

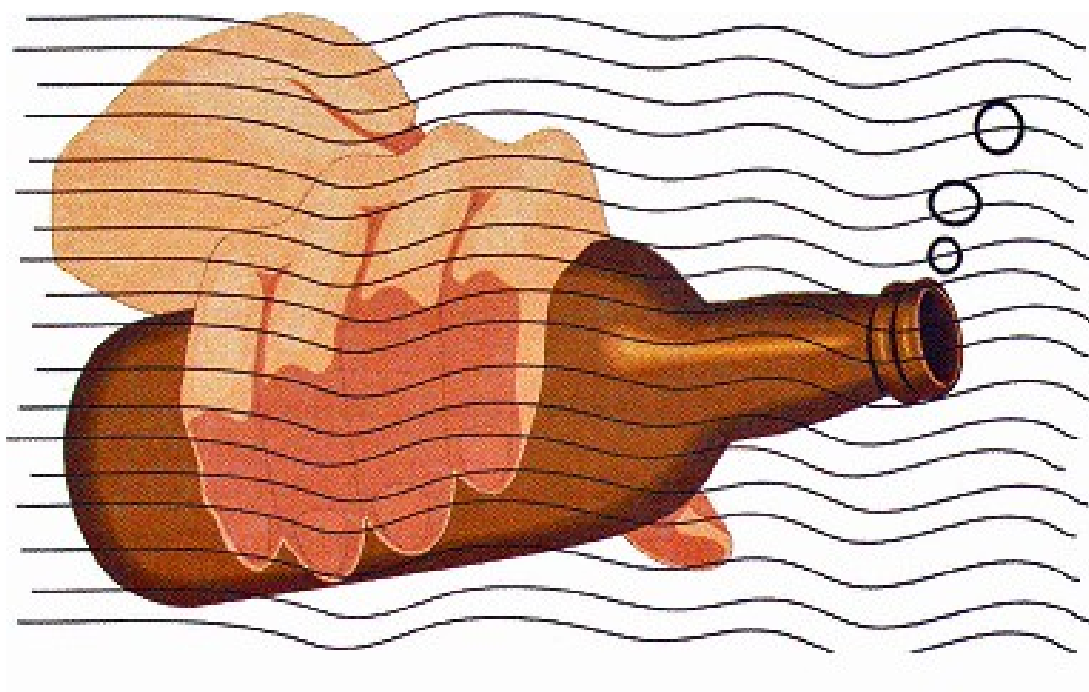
Realizar actividades de operación de cloradores.

Realizar manejo de recipientes contenedores de cloro.



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico



Capítulo 6 TOMA DE MUESTRAS



TABLA DE CONTENIDO

TOMA DE MUESTRAS	104
MUESTRAS REPRESENTATIVAS	104
AG UA POTABLE	104
Examen Sanitario	105
Plantas de tratamiento	105
Sistema de distribución	105
AGUAS NATURALES	106
CLASES DE MUESTRAS	107
MUESTRA SIMPLE	107
MUESTRA COMPUESTA	107
MUESTRA COMPUESTA SECUENCIAL	107
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA.....	108
RECIPIENTES.....	109
PRESERVACIÓN DE MUESTRAS.....	109
MUESTRAS PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	110
MUESTREO PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	110
MUESTRAS PARA ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS	111
RECIPIENTES	111
TRANSPORTE Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS	112
MUESTREO PARA ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS	113
Muestreo de un grifo o de la salida de una bomba	113
Muestreo de una corriente o de un deposito de agua	117
Recolección de muestras de pozos excavados y fuentes similares	118
DETERMINACIONES DE CAMPO	120



TEMPERATURA 120

pH 25 120

Anexo No. 1.

Recomendaciones para muestreo y preservación de muestras de acuerdo a cada tipo de análisis.

Anexo No. 2.

Agrupaciones de muestras recomendadas según los parámetros a analizar.



PRESENTACIÓN

El proceso de toma de muestras es determinante para el control de la calidad del agua producida en el tratamiento. Una metodología adecuada debe ser cuidadosamente seguida en cada muestreo, ya que de esto depende la fidelidad de los resultados de laboratorio y por ello, la evaluación que se realiza del funcionamiento de la planta de tratamiento y el aseguramiento de la calidad del agua en la red de distribución.

A continuación se exponen los cuidados y procedimientos más adecuados para cada tipo de muestreo. Es conveniente aprenderlos con minuciosidad, para poder aplicarlos de modo preciso en todas las ocasiones.

OBJETIVOS

Al terminar el capítulo el participante estará en capacidad de:

Planear un programa de muestreo y realizar muestreos en el sistema de abastecimiento y en la -planta de tratamiento.

Identificar los puntos de muestreo en un sistema de abastecimiento de agua.

Aplicar los cuidados necesarios para la toma y preservación de la muestra en función del sitio de toma y el parámetro en análisis.

Reconocer la importancia de los análisis microbiológicos, los indicadores usados y las técnicas disponibles.



TOMA DE MUESTRAS

El Decreto 77 de 1987 o estatuto de descentralización administrativa, responsabiliza a los municipios de la prestación de los servicios de suministro de agua potable, alcantarillado, matadero, aseo, público y plazas de mercado; y asigna al Ministerio de Salud la función de controlar y vigilar la calidad del agua para consumo humano y los sistemas de disposición de aguas residuales y desechos sólidos.

Por otro lado, el Decreto 475 de 1988 del Ministerio de Salud, sobre potabilización de agua, responsabiliza a las entidades administradoras de sistemas de suministro de agua por la calidad que ésta tenga al ser entregada al usuario.

Así mismo, el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, sobre usos de agua y residuos líquidos considera, en los artículos 158 y 159, aspectos relativos a la prestación y toma de muestras de agua para análisis.

Para cumplir con la función primordial de vigilancia y control de la calidad del agua y residuos líquidos, no basta con la realización de análisis de laboratorio, sino que es fundamental garantizar dentro de la calidad de estos análisis: 1) que la muestra sea representativa de la fuente que se va a controlar y 2) que sea preservada y transportada eficientemente para evitar cambios durante el tiempo de transporte y almacenamiento hasta el momento del análisis.

La guía para toma de muestras que a continuación presentamos, es una recopilación de información con la cual pretendemos facilitar el trabajo a todas aquellas personas que de una u otra manera están comprometidas con las actividades de asesoría, vigilancia y control de la calidad del agua, al presentar, en forma resumida, una serie de recomendaciones en cuanto a volumen, tipo de recipiente, preservación e identificación de la muestra.

MUESTRAS REPRESENTATIVAS

AGUA POTABLE

Desde el punto de vista concerniente a la Salud Pública, el consumo humano es el uso más importante del agua. En la evaluación de la calidad del agua, deben considerarse los procedimientos de muestreo desde la fuente hasta el consumidor.



Examen Sanitario

Durante el examen sanitario inicial, debe efectuarse un análisis físico-químico completo del agua cruda para determinar si la fuente resulta aceptable para uso como agua potable, o si puede mejorarse mediante tratamiento. En el caso de abastecimiento de agua superficial, se recomienda que se tomen durante un año suficientes muestras para la caracterización de la calidad del agua. Antes de determinar la aceptabilidad de la fuente de agua, estos datos serán de utilidad en el diseño de las plantas de tratamiento.

Plantas de tratamiento

Una vez que la planta de tratamiento esté en operación, será necesario continuar el muestreo de agua cruda a fin de controlar los procesos de tratamiento. Normalmente se toman muestras en cada turno o tres veces al día, pero la frecuencia de muestreo dependerá del conocimiento de variabilidad de la calidad del agua.

En fuentes en las cuales la calidad del agua muestra cambios repentinos y significativos, resulta a menudo conveniente instalar muestreadores y analizadores automáticos para una vigilancia continua de parámetros críticos, tales como turbiedad y pH.

Además de la fuente de agua cruda, se necesitarán muestras para evaluar la eficiencia de las unidades de tratamiento como son: coagulación, sedimentación, filtración y desinfección. Normalmente no hay problemas en decidir el lugar de muestreo para evaluar estos procesos.

Como en el caso de agua cruda, puede ser aconsejable instalar monitores continuos para la determinación de parámetros tales como turbiedad, pH y cloro residual. .

Para sistemas de agua de pozo, el muestreo dependerá del tipo de tratamiento que se utilice. Para algunas fuentes esto puede significar solamente muestreo para cloro residual. Las plantas de ablandamiento de agua pueden requerir muestreo y análisis de pH continuos. Finalmente, las plantas de remoción de hierro y manganeso pueden necesitar muestreo más frecuente para controlar el proceso ..

Es recomendable recoger una muestra de agua tratada para análisis completo de las características físico-químicas, incluyendo elementos tóxicos, por lo menos cada tres años en las fuentes de agua subterránea y anualmente en las de superficie, a menos que los datos anteriores indiquen que un análisis más frecuente resulta necesario.



Sistema de distribución

La frecuencia del muestreo en el sistema de distribución de agua dependerá de la población a que sirva, así como de la probabilidad de hallar agua contaminada.

El muestreo de rutina se efectúa principalmente para evaluar la calidad bacteriológica. Al mismo tiempo, se toman muestras para análisis de cloro residual en aquellos sistemas en donde se provee declaración. Se recomienda mantener el cloro residual libre a un mínimo de 0.2 mg/lit., en todos los puntos del sistema de distribución. Si se mantiene baja la turbiedad (menor a 1-2 unidades), puede resultar posible sustituir la prueba de cloro residual por algunas

de las pruebas bacteriológicas. También deberán tomarse muestras periódicas de color y pH, puesto que pueden afectar la eficiencia de la desinfección. El análisis de cloro y la medición de pH se realiza en el campo, inmediatamente después del muestreo. Ocasionalmente deben analizarse calcio, alcalinidad y sólidos disueltos totales, a fin de determinar la estabilidad del agua. Puede resultar necesario recoger otras muestras para análisis especiales, dependiendo de las características del agua cruda y del tipo de tratamiento que se emplea.

AGUAS NATURALES

El muestreo de cuerpos de aguas tales como ríos, lagos y estuarios, es complejo y se efectúa como parte de un programa de vigilancia de la calidad del agua. El monitoreo se ha considerado en general como una actividad de ayuda para tres funciones:

- Programas de planeamiento y manejo.
- Evaluación de la calidad y tendencia de cambio de agua.
- Cumplimiento puesto en vigor y revisión de normas de calidad de agua.

Para los programas de planeamiento y manejo, es a menudo preferible concentrar la recolección durante un intervalo relativamente corto (cerca de una semana), efectuando un muestreo intensivo en la zona estable del río, en vez de intentar tomar muestras de las diversas condiciones existentes mediante la extracción de muestras de diversos puntos de vez en cuando y en varias etapas del flujo del río; esto normalmente no define condición alguna, requiere un periodo de estudios más extenso y puede conducir a errores. Generalmente, para muestreo se requiere periodos críticos de bajo flujo porque se obtiene más información útil para tomar acción correctiva en relación al tiempo de muestreo utilizado.

Para muchos propósitos es necesario conocer el caudal del río en el momento del muestreo. Por tanto, los lugares de muestreo deben usualmente ser escogidos en



forma tal que las descargas correspondientes sean conocidas o pueden ser aceptablemente estimadas.

Cuando los efectos de un tributario o afluente sobre la calidad de la corriente en un punto particular son de interés, es necesario ubicar por lo menos dos sitios de muestreo: uno aguas arriba de la confluencia y el otro lo suficientemente distante corriente abajo, fuera de la zona de muestra.

Generalmente, debe evitarse el muestreo en o cerca de la superficie, fondo y orillas. Se necesita poner especial cuidado en no agitar los sedimentos del fondo y en evitar capas flotantes no representativas en la superficie.

El factor principal que influencia la variación espacial y temporal, de la calidad del agua y reservorios, es la estratificación vertical, que se produce frecuentemente; esta estratificación temporal afecta la temperatura, oxígeno disuelto, color orgánico y la oxidación y reducción de especies inorgánicas tales como hierro y manganeso. Este aspecto se discute en detalle en textos estándar sobre limnología. El muestreo representativo debe tomar en cuenta la estratificación vertical.

Hay pocas dudas de que los estuarios sean la forma más compleja entre los distintos sistemas de agua. Como resultado, el muestreo representativo también resulta complejo y debe tomar en cuenta diferencias de salinidad, influencias de mareas, corrientes, posible estratificación.

Finalmente, debe considerarse que la naturaleza inestable de muchos constituyentes químicos y físicos del agua subterránea, exige procedimientos especiales de recolección -y análisis de campo inmediatos a estos. Específicamente, es preferible analizar en el campo los siguientes parámetros: PH, temperatura, carbonato, bicarbonato, conductancia específica y oxígeno disuelto.

CLASES DE MUESTRAS

En general las técnicas utilizadas para el muestreo de aguas residuales son más complejas que las de agua potable, esto se debe principalmente a la mayor variación de cantidad (flujo) y la calidad que se encuentra en el agua residual.

Las muestras pueden ser simples o compuestas.

MUESTRA SIMPLE

Se define como aquella toma en un momento determinado. Resulta apropiada cuando se desea:



- Caracterizar la calidad del agua en momento dado.
- Proveer información acerca de valores mínimos y máximos de determinados parámetros.
- Permitir la recolección de volumen de muestra variable.

MUESTRA COMPUESTA

Se define como la formada por la mezcla de muestras separadas a espacios periódicos de tiempo, o una porción continua de flujo.

MUESTRA COMPUESTA SECUENCIAL

Es resultante de la mezcla de una serie de muestras simples, tomadas en cortos lapsos, que se *mantienen en recipientes individuales y son luego combinados para cubrir un periodo prolongado.*

Debe usarse muestreo compuesto para:

Determinar las concentraciones medias de residuos. Calcular la carga (masa/unidad de tiempo)

El método más comúnmente utilizado para formar muestras compuestas, utilizado por su sencillez y utilidad en representar la calidad global del agua es el siguiente:

El volumen requerido de cada muestreo simple se determina de la siguiente forma:



$$\text{ml requeridos} = \frac{\text{caudal en el momento de muestreo}}{\text{tasa media de flujo}} \times \frac{\text{Volumen total de las muestras}}{\text{número de veces de muestreo}}$$

Así para el ejemplo siguiente, si se desea una muestra total de dos litros (200 ml):

$$\text{ml requeridos} = \frac{\text{caudal en el momento de muestreo}}{4.375} \times \frac{200 \text{ s}}{12}$$

$$\text{ml requeridos} = 38.1 \times \text{caudal en el momento del muestreo.}$$

Hora	Caudal Litros / segundo	Volumen de muestra (ml) Basado en el caudal
8 : 00 a.m.	3.0	114
10 : 00 a.m.	3.5	133
Mediodía	4.5	171
2 : 00 p.m.	6.0	229
4 : 00 p.m.	8.0	305
6 : 00 p.m.	6.5	248
8 : 00 p.m.	5.5	210
10 : 00 p.m.	4.5	171
Medianoche	3.5	133
2 : 00 a.m.	3.0	114
4 : 00 a.m.	2.0	76
6 : 00 a.m.	2.5	95
Sumatoria Promedio	52.5 4.375	Volumen total de la muestra: 1999

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Es importante que cada muestra esté claramente bien identificada. Algunos prefieren colocar directamente en la botella una tarjeta o etiqueta con la información requerida. Otros, prefieren identificar la botella con un número y escribir la información necesaria en una hoja de identificación de muestra. Las tarjetas o etiquetas con frecuencia se mojan al transportar muestras congeladas al laboratorio y la información puede quedar ilegible. En estos casos, el sistema de numeración es preferible.

Para asegurarse de no perder información, puede resultar mejor identificar la muestra tanto por medio de una etiqueta o tarjeta, como por una hoja de identificación de muestra.

La información mínima requerida en la etiqueta, u hoja correspondiente numerada debe incluir:



- Nombre de la fuente en el punto de muestreo.
- Ubicación de la toma de muestra.
- Día y hora de recolección.
- Nombre del recolector
- Temperatura del agua.
- Tipo de preservantes usado.

Otra información útil puede incluir:

Apariencia del cuerpo de agua y de la muestra.

- Caudal (al efectuar muestreos de corrientes de agua).
- Altura del nivel del agua (al efectuar muestreos de lagos reservorios).
- Condiciones atmosféricas durante el muestreo y durante las 24 horas anteriores. (p.e.; lluvia, sol).
- Mediciones efectuadas en el campo aparte de la temperatura (p.e., PH, oxígeno disuelto).

RECIPIENTES

Los recipientes más usados frecuentemente son los de vidrio y polietileno. Los de vidrio tienen la ventaja de que el estado de superficie interior es fácilmente visible, los de polietileno no son tan susceptibles al peligro de rotura.

En general, los recipientes para muestra pueden ser elegidos con base en tres consideraciones principales:

- El material del recipiente puede causar contaminación en las muestras, por ejemplo, el sodio y sílice pueden lixiviarse del vidrio y las sustancias orgánicas del plástico.
- Las sustancias a determinar pueden ser absorbidas por paredes del recipiente. Por ejemplo, trazas metálicas por los procesos de cambio de iones, en superficies de vidrio.
- Los constituyentes de la muestra, pueden reaccionar con el recipiente, por ejemplo el fluoruro puede reaccionar con el vidrio.

Por regla general, deben usarse botellas de vidrio cuando van a determinarse compuestos *orgánicos* y de polietileno para las sustancias a determinar que sean constituyentes mayores *del* vidrio, como el sodio, el potasio y el sílice ..

PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

Las técnicas de preservación pueden solamente retardar los cambios químicos y biológicos que sobreviven inevitablemente al remover la muestra de la fuente original.



Los cambios que pueden ocurrir en una muestra son, o bien químicos o biológicos. En el primer caso, ocurren ciertos cambios en la estructura química de los constituyentes que son una función de las condiciones físicas. Los cationes metálicos pueden precipitarse como hidróxidos y formar complejos con otros constituyentes. Los cationes y/o aniones pueden cambiar sus estados de valencia bajo ciertas condiciones de reducción u oxidación; otros constituyentes

pueden disolverse o volatilizarse con el transcurso del tiempo. Los cationes metálicos, tales como hierro y plomo, pueden ser absorbidos en superficies (vidrio, plástico, cuarzo, etc.) Los cambios biológicos sucedidos en una muestra pueden transformar la valencia de un elemento o radical en otra distinta.

Los métodos de preservación son relativamente limitados y se hallan dirigidos en general a:

- Retardar la acción biológica
- Retardar la hidrólisis de compuestos y complejos químicos.
- Reducir la volatilidad de los constituyentes.

Los métodos de preservación se limitan usualmente al control de pH, adición química, refrigeración y congelación. El Anexo No. 1 de este capítulo muestran las recomendaciones para muestreo y preservación de muestras de acuerdo a cada tipo de análisis. El volumen de muestras recomendado es el mínimo, usualmente se necesitan volúmenes mayores para efectuar análisis adicionales necesarios para el control de la calidad analítica.

MUESTRAS PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Para su análisis, las muestras de agua tienen que tomarse en condiciones muy variables y su recolección requiere especiales cuidados, según el análisis que se necesite.

Se necesitan cuando menos 3 litros de agua, puede usarse cualquier envase de vidrio, asegurándose que esté escrupulosamente limpio. El tapón de hule o corcho se cubre con papel celofán antes de colocarlo, para evitar que entre en contacto directo con el agua.

Antes de tomar la muestra, el envase se enjuaga varias veces con el agua que se va a analizar.

MUESTREO PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

En el anexo No. 1 se encuentran las recomendaciones para cada uno de los análisis fisicoquímicos, volumen, recipiente, preservante y tiempo máximo de retención.



Los recipientes en que se toman las muestras deben ser frascos de vidrio o plástico.

Sea cual fuere el material del recipiente, tiene que estar completamente limpio antes de su uso.

Es necesario enjuagar el frasco unas tres o cuatro veces con el agua a analizar.

En el anexo No. 2, se encuentran las agrupaciones de muestras, según los análisis a efectuar.

La cantidad de muestra recogida no debe ser inferior a dos (2) litros.

Los recipientes de las muestras deben ser cuidadosamente etiquetados haciendo constar en estos, el lugar, fecha, hora, temperatura, nombre del recolector y todos los datos que se consideren de interés para el objetivo deseado.

Si el material de las etiquetas no es impermeable, se deben numerar las muestras y anotar los datos correspondientes en una hoja, libreta o cuadernos destinados para tal fin.

Si se toman muestras de ríos, hay que hacerla en sentido contrario a la corriente, a diferentes profundidades y en un sitio representativo del cauce.

En caso de que las muestras se tomen en las plantas, se debe hacer en el punto de tratamiento donde se quiera verificar su efectividad.

Si se toman en el casco urbano se deben tomar en llaves de uso frecuente y en diferentes puntos de la red de distribución.

MUESTRAS PARA ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS

RECIPIENTES

Se deben utilizar botellas de vidrio neutro o plástico no tóxico, esterilizables, de boca ancha, con tapa protectora y cierre hermético para evitar escapes de agua. Las botellas de vidrio deben ser de borosilicato u otro vidrio neutro, de preferencia provistas de tapa de rosca hecha de metal o plástico. Las tapas de metal se deben forrar con un protector no tóxico que evita el contacto directo entre el metal y la muestra.



También son aceptables las tapas de vidrio esmerilado si es que antes de ser esterilizadas, se cubren con papel de aluminio o papel impermeable; la cubierta debe extenderse por debajo del cuello de la botella.

Es aconsejable insertar un cordel fino o papel entre la tapa y el cuello de la botella antes de la esterilización, ya que esto facilita su apertura durante el muestreo. Al destapar, hay que desechar el cordel o papel tratando de no tocar el interior de la botella o la parte inferior de la tapa.

Las botellas de plástico ofrecen la ventaja de ser livianas y resistentes, se recomienda que éstas sean de polipropileno o policarbonato. El polietileno no es aconsejable porque no resiste bien la esterilización en el autoclave. Tanto la botella como la tapa, deben ser del mismo plástico debido a que pueden ocurrir deformaciones por diferentes coeficientes de expansión a bajas temperaturas de refrigeración.

Es importante que las botellas o tapas de plástico no provean sustancias tóxicas a las muestras.

La capacidad de las botellas debe ser por lo menos de 120 ml, con el objeto de poder tomar una muestra de 100 ml y dejar un espacio vacío que facilite la agitación del agua antes del examen.

Cuando se efectúan exámenes rutinarios de agua potable, deben contener, antes de ser esterilizadas, una concentración suficiente de tiosulfato de sodio para poder neutralizar los vestigios de cloro e impedir de esta manera que continúe ejerciendo su actuación bactericida y disminuya, por lo tanto, la oportunidad de detectar cualquiera de los microorganismos que podrían indicar una posible contaminación del agua potable. Cada botella en la cual se muestran 100 ml de agua debe contener 0.1 ml, (2 gotas) de una solución de tiosulfato de sodio al 10 %.

Se deberán evitar cantidades excesivas de tiosulfato de sodio pues esto podrá ayudar al desarrollo de las bacterias posiblemente presentes en la muestra alternando la concentración de las mismas durante el tiempo transcurrido entre la colecta y el inicio del examen.

Cuando se toman muestras de agua que contienen cobre, zinc, o son aguas residuales domésticas o industriales, con altos niveles de iones metálicos pesados, es aconsejable preparar los frascos de muestra o con un agente de quelación como el EDTA (ácido etilendiaminotetracético) a una concentración de 372 mg/l además de tiosulfato de sodio.



Una sugerencia útil es la de preparar una solución mixta con la concentración apropiada de ambos agentes químicos, adicionando las cantidades de 0.1 o 0.5 ml, según se requiera, a cada envase de muestreo.

De cualquier modo, sea que se utilicen las soluciones por separado o mixtas, el volumen total de tiosulfato de sodio y EDTA añadidos no debe exceder de 0.5 ml en el frasco, ya que volúmenes mayores no evaporan lo suficiente para dejar un residuo seco después de la esterilización del frasco.

TRANSPORTE Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

Para muestras de agua potable, el tiempo de transporte al laboratorio no debe exceder de 48 horas preferiblemente no más de 30 horas.

Se recomienda refrigeración (4 - 10°C) de las muestras, especialmente si se requiere un recuento total de placa o si se sospecha que el agua está contaminada con organismos patógenos.

En muestras de aguas superficiales, incluyendo fuentes de agua potable, reservorios y aguas de balnearios, el tiempo de transporte al laboratorio no debe exceder de 6 horas. Debido a la gran influencia que la temperatura ejerce en la población bacteriana de este tipo de muestras, es importante que se mantengan refrigeradas.

En las regiones tropicales y subtropicales en particular se debe realizar un esfuerzo mayor aún para poder refrigerar todas las muestras.

Es necesario que al refrigerarse las muestras se tomen las precauciones y medidas necesarias para prevenir cualquier contaminación proveniente del hielo derretido.

Se debe manejar la muestra refrigerada después de su llegada al laboratorio y el análisis debe comenzarse de inmediato o máximo a las dos horas de su llegada, es necesario coordinar el envío de las muestras a una hora conveniente para así poder complementar los análisis durante el horario normal de trabajo.



MUESTREO PARA ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS

Aunque la recolección de una muestra de agua quizás parezca sencilla, pueden producirse errores y, por lo tanto, esta actividad necesita de un especial cuidado. Además, pueden surgir problemas independientemente de la técnica de muestreo utilizada. A menos que se recolecten muestras válidas, el trabajo cuidadoso que se lleve a cabo en el análisis posterior, podría resultar un completo desperdicio de tiempo.

Para los propósitos del muestreo, el agua puede dividirse en tres tipos básicos:

- Agua de grifo en un sistema de distribución o de una bomba de mano fija, etc.
- Agua de una corriente o de un depósito (río, lago, tanque).
- Agua de un pozo excavado, etc.

Muestreo de un grifo o de la salida de una bomba

Los pasos que se deben seguir al tomar una muestra de un grifo se describen en la secuencia que se presenta a continuación.

- limpie el grifo

Retire del grifo cualquier cosa que se le haya adherido que pueda causar salpicaduras y, utilizando una tela limpia, frote la boca de la salida para quitar cualquier suciedad que pudiera existir.

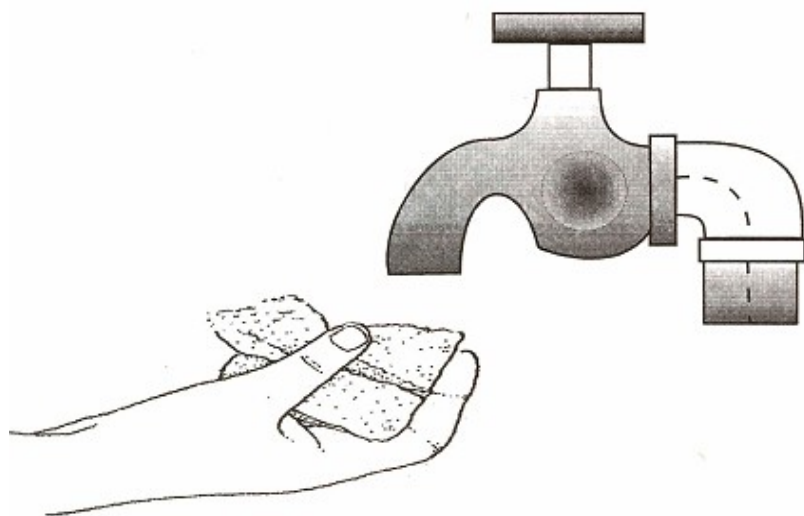


Fig. 34



- Abra el grifo

De vuelta a la llave del grifo hasta que alcance su flujo máximo y deje correr el agua durante uno o dos minutos.

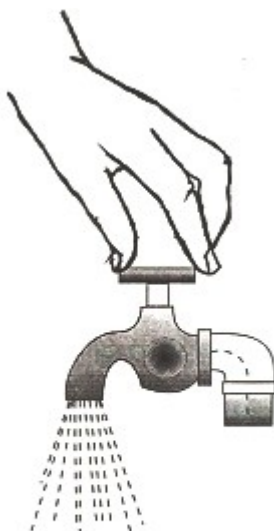


Fig.35

- Esterilice el grifo

Esterilice el grifo durante un minuto con la llama encendida de una mota de algodón hidrófilo remojado en alcohol; como alternativa se puede utilizar un mechero de gas o un encendedor.



Fig.36



- Abra el grifo antes de la muestra

Abra el grifo cuidadosamente y permita que el agua fluya durante uno o dos minutos con un flujo medio.

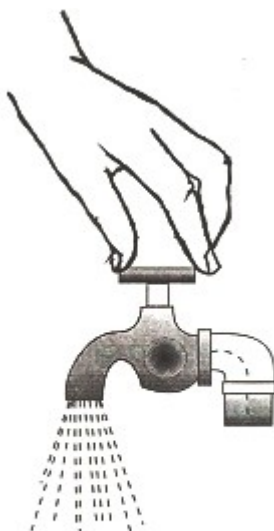


Fig.35

- Abra un frasco esterilizado

Desamarre el cordón que ajusta la cubierta protectora de papel y desenrosque la tapa o tapón.



Fig.38



- Llene el frasco

Mientras mantiene la tapa y la cubierta protectora hacia abajo (para evitar la entrada de polvo portador de microorganismos) ponga inmediatamente el frasco debajo del chorro de agua y llenelo.

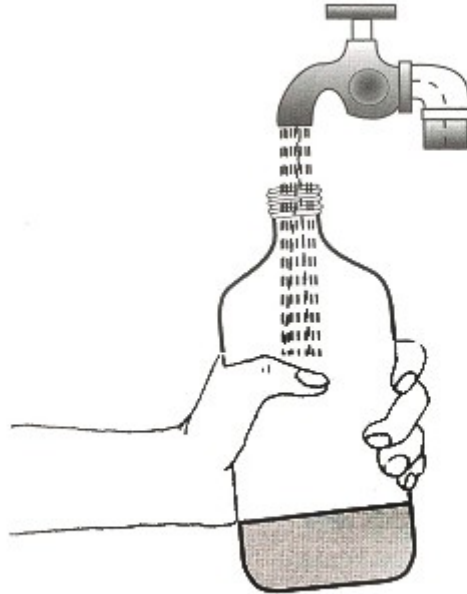


Fig.39

Se debe dejar un pequeño espacio de aire para facilitar la agitación en el momento de inoculación antes del análisis.

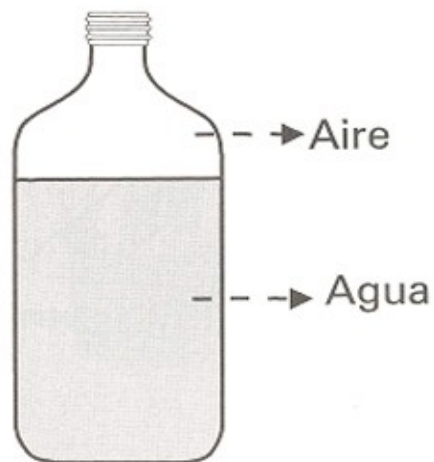


Fig.40



- Coloque la tapa al frasco

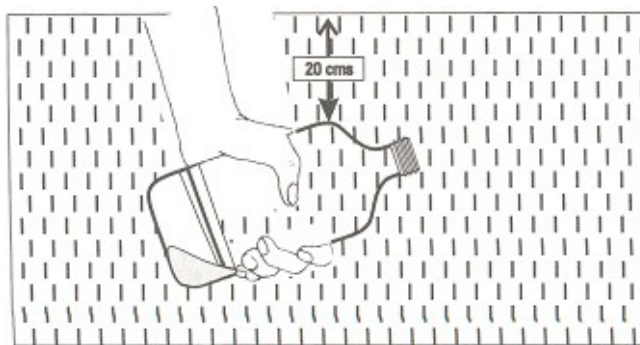
Coloque el tapón en el frasco o enrosque la tapa fijando la cubierta protectora de papel en su lugar mediante un cordón.



Muestreo de una corriente o de un depósito de agua

Abra el frasco esterilizado mediante las técnicas descritas en la sección anterior.

- Llene el frasco



Sostenga el frasco por la parte inferior o sumérjalo hasta una profundidad de aproximadamente 20cm, con la boca ligeramente hacia arriba; si existe corriente, la boca del frasco debe orientarse hacia esta.

Posteriormente se debe colocar el tapón o la tapa del frasco como se describió anteriormente.



Recolección de muestras de pozos excavados y fuentes similares

- Prepare el frasco

Con un pedazo de cordón, amarre una piedra de tamaño adecuado al frasco de muestra.

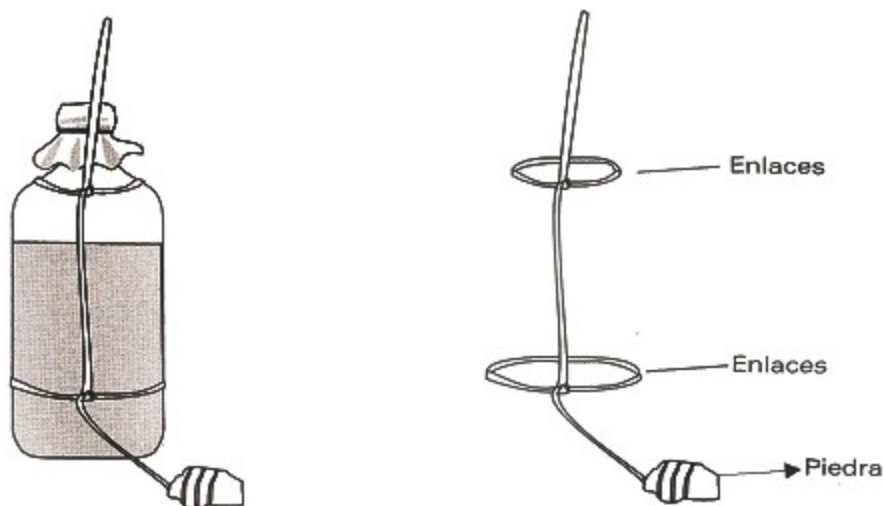


Fig. 43

- Amarre el frasco al cordón

Tome 20 metros de un cordón limpio enrollado alrededor de una estaca y amárrelo con la cuerda del frasco. Abra el frasco como ya se describió.

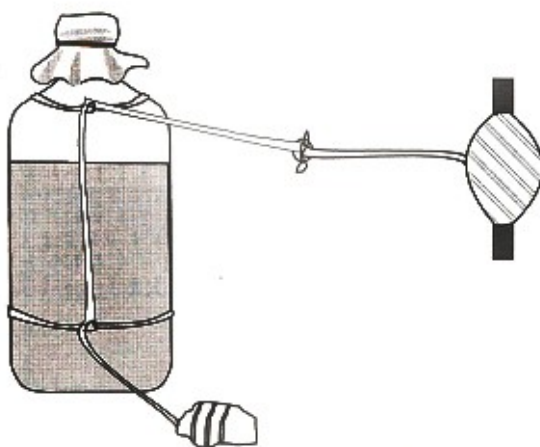


Fig. 44



- Haga descender el frasco

Desenrollando lentamente el cordón, haga descender el frasco dentro del pozo; el peso de la piedra lo tirará hacia abajo. No permita que el frasco toque los lados del pozo.

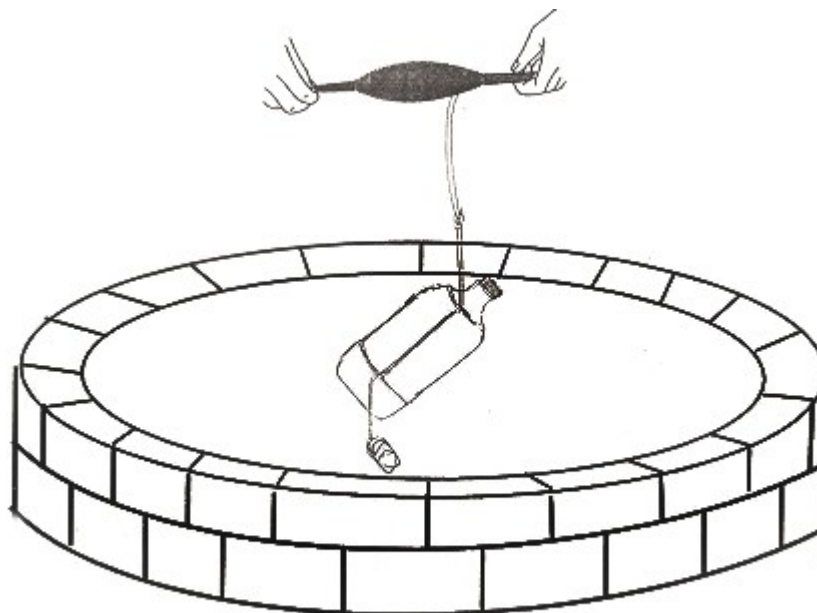
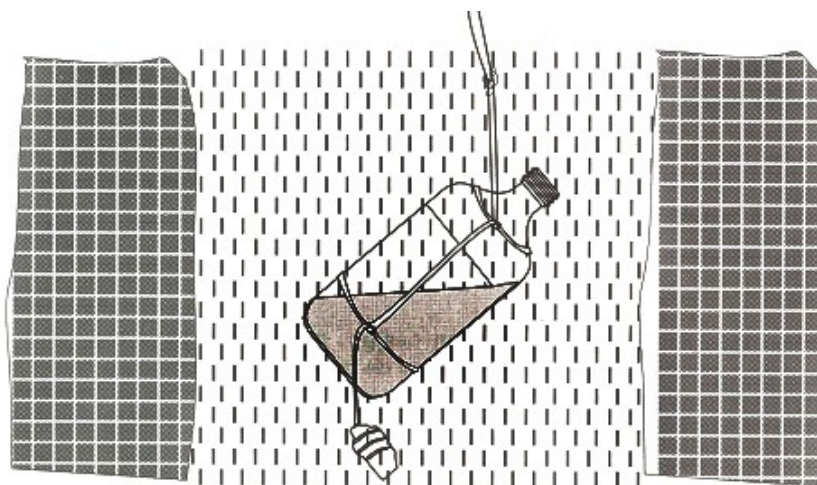


Fig. 45

- Llene el frasco

Sumerja el frasco completamente en el agua y hágalo descender hasta el fondo del pozo



Una vez que considere que el frasco está lleno, vuelva a enrollar la cuerda al rededor de la estaca para subirlo. Si este estuviera completamente lleno, deseche parte del agua para crear 'un espacio de aire'.

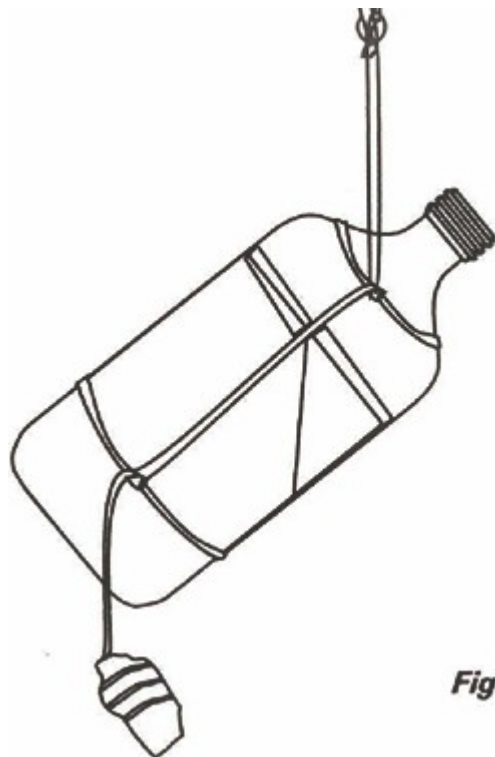


Fig. 47

DETERMINACIONES DE CAMPO

Ciertos parámetros deben medirse en el campo, en el mismo sitio de muestreo, usando equipo portátil especial. Si el sitio, equipo o parámetro no permite efectuar una medición directa en el cuerpo de agua, entonces es necesario tomar una muestra y medir los parámetros en la orilla del río, puente, etc.

Las determinaciones más frecuentes que se realizan en el campo son:

TEMPERATURA

Esta es considerada una medición fácil, por esta razón, a veces se efectúa descuidadamente.

La temperatura debe ser siempre registrada en el campo. Al efectuar la medición, hay que emplear suficiente tiempo para realizar una lectura constante.

Se sumerge el termómetro en el agua a una profundidad adecuada para obtener una lectura correcta. Se deja que se estabilice la temperatura por un tiempo de tres a cinco minutos y se procede a hacer la lectura lo más exactamente posible.



pH

La determinación más sencilla y frecuente en campo, para el pH, es a través de papeles indicadores que vienen en un paquete con patrones de color, que se comparan con el resultado obtenido al introducir el papel en el agua a analizar. Para hacer la prueba, es conveniente que el agua en la que se introduce el papel este lo más libre posible de material flotantes o pequeños insectos.

Existen hoy en el mercado equipo portátil de operación muy sencilla para medir el pH, se debe tener cuidado en su calibración periódica y en mantener las baterías en buen estado.



ANEXO No. 1

RECOMENDACIONES PARA MUESTREO Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS DE ACUERDO A CADA TIPO DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	* VOLUMEN	** RECIPIENTE	PRESERVANTE	TIEMPO MÁXIMO CONSERVACIÓN
Aceite y grasa	1000	V. Solo (boca ancha)	10 gotas de H ₂ SO ₄ ó HCL a pH > 2 Enfríar 4o C	28 días
Acidez	100	P.V	Enfríar 4o C	24 horas - 14 días
Alcalinidad	200	P.V	Enfríar 4o C	24 horas - 14 días
Arsénico	100	P.V	Una gota de HNO ₃ a pH < 2	6 meses
Sustancias activas al azul de metileno (detergentes)	250	P.V	Enfríar 4o C	24 h.
Boro	100	P.V	No requerido	7 días
Carbono orgánico total	100	V. solo	Analizar inmediatamente ó 2 gotas de H ₂ SO ₄ a pH < 2 enfríar 4o C	7 - 28 días
Cianuro	500	V. Solo color ámbar	5 perlas de NaOH Enfríar 4o C	24 h - 14 días
Cloro residual	500	P.V	Analizar inmediatamente	1/2h - 2 h
Cloruro	50	P.V	No requerido	7 días
Color	500	P.V	Enfríar 4o C	48 h
Conductividad	500	P.V	Enfríar 4o C	28 días
DBO	1000	P.V	Enfríar 4o C. Analizar tan pronto como sea posible	6 h * * *
DQO	100	P.V	2 gotas de H ₂ SO ₄ a pH < 2 Enfríar 4o C	7 - 28 días
Dureza (Ca, Mg)	100	P.V	2 gotas de HNO ₃ a pH < 2 enfríar a 4o C	7 días
Fenoles	500	V. solo	5 gotas de H ₂ SO ₄ a pH < 2 Enfríar 4o C	28 días
Fósforo Ortofosfato disuelto	50	P.V	Enfríar 4o C	24 h
Fósforo hidrolizable	50	P.V	Enfríar 4o C H ₂ SO ₄ a pH 2	24h
Fósforo total	50	P.V	Enfríar 4o C	7 días
Fósforo total disuelto	50	P.V	Filtrar en sitio Enfríar 4o C	24 h
Insecticidas (compuestos Organoclorados).	1000	V. Solo ámbar lavado con hexano	Enfríar 4o C si hay 100 mg de Tiosulfato de Sodio	cloro residual, agregar 7 días
Insecticidas (compuestos Organofosforados).	1000	V. Solo ámbar lavado con hexano	Enfríar 4o C si hay cloro residual, agregar 100 mg de Tiosulfato de Sodio	7 días
Material sedimentable	1000	P.V	No requerido	24 h
Mercurio disuelto	500	P.V	Filtrar 5 gotas de HNO ₃ a pH < 2	38 días (vidrio) 13 días (plástico)
Mercurio total	500	P.V	5 gotas de HNO ₃ a pH < 2	38 días (vidrio) 13 días (plástico)
Metales disueltos	200	P.V	Filtrar en sitio 5 gotas de HNO ₃ a pH < 2	6 meses
Metales totales	100	P.V	1 - 2 gotas de HNO ₃ a pH < 2 Enfríar 4o C	24 h
Nitrógeno (amoníaco)	500	P.V	Analizar inmediatamente ó 5 gotas de H ₂ SO ₄ a pH < 2	7 - 28 días
Nitrógeno orgánico (Kjedahl total)	500	P.V	5 gotas de H ₂ SO ₄ a pH < 2 Enfríar 4o C	7 días
Nitrógeno (Nitrato)	100	P.V	Analizar inmediatamente ó 2 gotas de H ₂ SO ₄ a pH < 2 Congelar	h
Nitrógeno (Nitrato)	100	P.V	Analizar inmediatamente o congelar	24 h
Ólor Umbral	500	P.V	Enfríar en 4o C	6 h
Oxígeno disuelto electrodo	300	V. solo	Det. En sitio	No debe retenerse
Oxígeno disuelto Winkler	300	V. solo	Det. O fijar en sitio (Ver preservantes)	4 - 8 h
Ph	25	P.V	Enfríar 4o C	6 h * * *
Radioactividad	1000	P.V	No requerido	24 h
Residuo Filtrable	100	P.V	Enfríar 4o C	7 días
Residuo no filtrable	100	P.V	Enfríar 4o C	7 días
Residuo total	100	P.V	Enfríar 4o C	7 días
Residuo volátil	100	P.V	Enfríar 4o C	7 días
Sabor	200	V. solo	Enfríar 4o C	7 días
Silíce	50	P. solo	Enfríar 4o C	7 días
Sulfato	50	P.V	Enfríar 4o C	28 días
Sulfito	50	P.V	Det. en sitio	No debe retenerse
Sulfuro	500	P.V	100 gotas de acetato de cine 2N	24 h
Temperatura			Det. en sitio con termómetro calibrado	No debe retenerse
Turbiedad	100	P.V	Enfríar 4o C	
NMP de coliformes totales y fecales	100	P.V	2 gotas de Tiosulfato de Sodio al 10% Enfríar 4o C	6 h

CONVENCIONES

* VOLUMEN MÍNIMO REQUERIDO EN MILILITROS

** RECIPIENTE P = PLÁSTICO V = VIDRIO

*** SI EL TIEMPO DE RETENCIÓN EXCEDE EL RECOMENDADO, EL INFORME FINAL DE RESULTADOS DEBERÁ INDICAR EL TIEMPO RETENCIÓN REAL.



ANEXO No. 2

AGRUPACIONES DE MUESTRAS RECOMENDADAS SEGÚN LOS PARÁMETROS A ANALIZAR

VOLUMEN DE RECIPIENTE	AGENTES DE PRESERVACIÓN	RECIPIENTE	PUEDE USARSE PARA
1-3 Litros dependiendo del número de parámetros a ser analizados	Refrigeración a 4o C	P ó V	Acidez Turbiedad Alcalinidad DBO Cloruro Color Fluoruro Dureza (Ca, Mg) Agentes activos super. Nitrito Fósforo total Residuo Conductancia específica Sulfato
1-2 Litros dependiendo del número de parámetro a ser analizado.	Fría 4o C H2SO4 a pH < 2	V	DQO Nitrógeno - Amoníaco - Kjeldhal total - Nitrato Aceite y grasa Carbono orgánico Fósforo hidrolizable
200 ml - 2 litros dependiendo del número de parámetros metélicos a ser analizados.	HNO3 a pH < 2	P ó V Preferible Plástico	Metales
200 ml	4 gotas de tiosulfato de Sodio al 10 %	P ó V	NMP coliformes totales y fecales
In situ o en lugar de origen: Temperatura, pH, Oxígeno disuelto (fijación)			

PRÁCTICAS DE CAMPO

Desplazarse a la planta de tratamiento y realizar muestreos para análisis físico - químico y bacteriológico.

Proponer a los participantes realizar los muestreos.

RESUMEN DE IDEAS

- Una muestra simple es aquella que se toma con fines de caracterizar el agua en un momento dado.
- Una muestra compuesta es la suma de muestra tomadas a intervalos periódicos de tiempo.
- Una muestra compuesta secuencial es la resultante de una serie de muestras simples.
- Es importante que toda muestra esté totalmente identificada.
- Cada muestra debe presentarse de acuerdo a la precisión requerida por el análisis, sea éste físico - químico o bacteriológico.
- La preservación de muestra busca evitar los cambios biológicos o químicos que puedan afectar el resultado del análisis de laboratorio.



- En la toma de muestras deben determinarse.
- Objetivos de la muestra
- Tipo de muestra
- Sitio de muestra
- Volumen
- Recipiente
- Preservantes
- Transporte
- Método de recolección

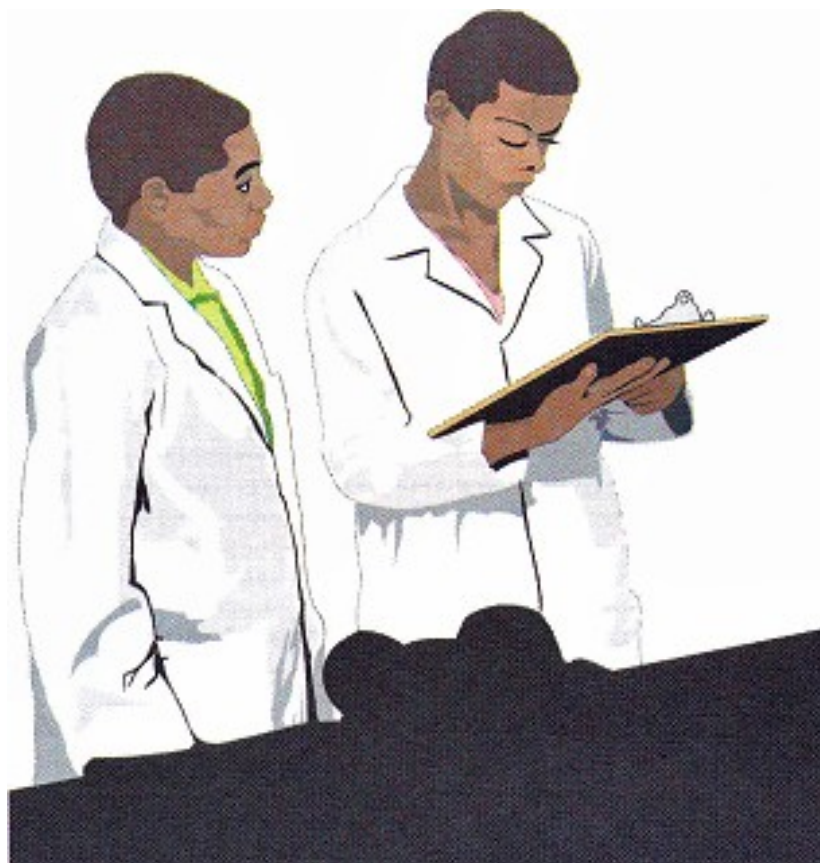
EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

Proponer a los participantes realizar programas de muestreo para aplicar en el sistema de su localidad.



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico



Capítulo 7 PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



TABLA DE CONTENIDO

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	128
TURBIEDAD	128
IMPORTANCIA SANITARIA	128
MÉTODO ANALÍTICO	128
Material necesario	129
Procedimiento	129
Cálculos	130
Recomendaciones:	130
COLOR	131
IMPORTANCIA SANITARIA	131
MÉTODO ANALÍTICO	131
Material necesario	131
Procedimiento	131
Cálculos	132
Recomendaciones	132
TEMPERATURA.....	133
OLOR Y EL SABOR.....	133
ALCALINIDAD	134
IMPORTANCIA SANITARIA	134
MÉTODO ANALÍTICO	135
Material necesario	135
Procedimiento volumétrico	135
Cálculos	136
Recomendaciones	137



POTENCIAL HIDROGENO (PH)	137
IMPORTANCIA SANITARIA	137
MÉTODO ANALÍTICO	137
Material necesario	138
Procedimiento	138
Recomendaciones	139
DUREZA TOTAL	139
IMPORTANCIA SANITARIA	139
MÉTODO Analítico	139
Material necesario	140
Procedimiento	140
Cálculos	141
Recomendaciones	141
COLOR RESIDUAL	141
IMPORTANCIA SANITARIA	141
MÉTODO ANALÍTICO	142
Material necesario	142
Procedimiento	142
Cálculos	143
Recomendaciones	143
DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTES - ENSAYO DE JARRAS	144
PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO PARA ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO	146
MÉTODO DE TUBOS MÚLTIPLES DE FERMENTACIÓN	146
Prueba Presuntiva	147



Prueba confirmativa	147
Prueba Completa	147
Método para Coliformes Fecales	148



PRESENTACIÓN

El presente capítulo orienta a los responsables de la calidad de las aguas potabilizadas, a cerca del procedimiento y métodos para efectuar las pruebas de laboratorio mínimas que se deben realizar al agua que se entrega a una población.

La seguridad y confiabilidad de estos análisis constituyen sin duda la mayor responsabilidad en torno al control de la calidad del agua.

En el Anexo 2 se ilustran diseños arquitectónicos tipo para laboratorios. Sin embargo, en cada región estos diseños deben reflejar los hitos propios de sus comunidades

OBJETIVOS

Al finalizar el capítulo el participante estará en capacidad de:

- Reconocer los análisis de calidad del agua mínimos a realizar en una localidad y el fundamento conceptual para su inclusión.
- Realizar los análisis físico - químicos y bacteriológicos del agua, utilizar equipos y reactivos adecuados.



PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Métodos y procedimientos de análisis de la calidad del agua.

TURBIEDAD

IMPORTANCIA SANITARIA

La turbiedad es causada en el agua por materia en suspensión de cualquier clase de compuestos orgánicos solubles y coloreados, plancton y demás microorganismos microscópicos.

La transparencia en aguas potables es de especial relevancia en la manufactura de productos para el consumo humano, bebidas en general y el agua misma ya sea de acueducto o embotellada. El control de las diferentes etapas de tratamientos en las plantas, se realiza a través de esta medición por lo rápida y fácil de llevar a cabo y porque una turbiedad así sea baja, produce rechazo por parte de los consumidores.

En el Decreto 475 para aguas potables se presentan dos valores respecto de la turbiedad: el valor deseable (1 UTN) y el valor admisible (5 UTN).

UTN = Unidades de Turbiedad Nefelométricas.

MÉTODO ANALÍTICO

Aunque el método estándar para la turbiedad continúa siendo el sistema visual de Jackson actualmente se ha impuesto el procedimiento nefelométrico especialmente para valores bajos, por su sensibilidad, amplitud, precisión e independencia del operador.

El método, nefelométrico se basa en un equipo eléctrico (NEFELOMETRO) de las intensidades de las luces dispersadas en un ángulo de 90° para una muestra de agua y un patrón de referencia (FORMACINA). A mayor intensidad de luz dispersada, mayor turbiedad de la muestra.

Material necesario

- Equipos
- Nefelómetro
- Reactivos (Ver Anexo 1)

Solución I - Sulfato de hidracina al 1 % (Anexo 1) Solución II - Hexametilentetramina al 10% (Anexo 1)



Agua destilada libre de turbiedad (se filtra agua destilada a través de membrana de 0.2 μ m de poro).

Vidriería

Celdas de Nefelómetro

Matraces volumétricos de 100 ml Pipetas graduadas de 10 ml Pipetas volumétricas de 5 ml Probetas de 50 ml

Varilla de vidrio

Vasos de precipitados de 100 ml

Otros

Frasco lavador de polietileno de 500 ml Papel suave (tipo kleenex)

Peras de caucho o propipetas

Procedimiento

1. Mezclé 15mg de la solución I y 5 ml de la solución 11 en un matraz volumétrico de 100 ml y dejarlo en reposo durante 24 horas a 25 ± 3 o. Diluir con agua libre de turbiedad hasta la marca de enrase y mezclar. Esta suspensión concentrada de Formacina equivale a 400 UTN (preparar mensualmente).
2. Elaborar los estándares de Formacina diariamente a partir del patrón de 400 UTN y calibrar el equipo de acuerdo con las propias instrucciones del fabricante. Se sugieren cuatro estándares de 10, 40, 70 Y 100 UTN.
3. Colocar la muestra de agua agitada en la celda del Nefelómetro o transferir a ésta, mediante un vaso de precipitados de 100 ml.
4. Eliminar las burbujas que puedan haberse formado, con una varilla de vidrio, sin rayar las paredes de la celda.
5. Secar y limpiar perfectamente la parte externa de la celda con un papel muy suave.
6. Colocar la celda en el equipo, tomándola con los dedos de la parte superior, para no dejar manchas o huellas en el sitio de paso de luz.
7. Cubrir la celda con el tubo destinado a este fin y leer directamente en la escala apropiada.



8. Tomar una alícuota de la muestra y diluirla convenientemente con agua destilada libre de turbiedad, si al efectuar la lectura, ésta sale del rango de la escala máxima.

Cálculos

Aplicar la siguiente relación a partir del dato suministrado por el Nefelómetro, cuando se haya realizado una dilución.

$$\text{TURBIEDAD UTN} = \frac{A * (B + C)}{C} \quad \text{donde:}$$

UTN = Unidades de Turbiedad Nefelométrica

A = Lectura del equipo para la muestra diluida en

UTN B = Volúmenes de agua de dilución utilizada en ml

C = Volúmenes de muestra real analizada en ml

TABLA No. 6. Expresión de resultados	
Para un rango de : (UTN)	Aproximar en:(UTN) *
0 - 10.0	0.05
1 - 10.1	0.10
10 - 40.0	1.00
40 - 100.0	5.00
100 - 400.0	10.00
400 - 1000.0	50.00
> - 1000.0	100.00

* Aproximar al número entero más cercano divisible por el número referencia en cada rango. Ejemplo:

0.36	se escribirá	0.35
7.92	se escribirá	7.90
53.28	se escribirá	55.00
2520.47	se escribirá	2500.00

Recomendaciones:

Evitar burbujas o vibraciones en la muestra de agua durante la lectura para eliminar errores de apreciación.

Calibrar con los estándares de Formacina otros equipos distintos, cuando no se disponga del Nefelómetro.

Aplicar la tabla No. 6 al relacionar los resultados finales.



COLOR

IMPORTANCIA SANITARIA

El color en el agua se debe a la presencia de varios iones metálicos característicos como el hierro y el manganeso, materia orgánica diversa y en algunos casos residuos contaminantes de tipo industrial. En aguas para consumo humano, el color representa una condición casi que exclusivamente psicológica de rechazo hacia este factor físico que no necesariamente debe estar asociado a alguna forma de contaminación.

El Decreto 475 / 98 del Ministerio de Salud, establece un valor deseable de 5 y un valor admisible de 15 Unidades en la escala de Platino-Cobalto (UPC), referidos al llamado "color verdadero", o sea el que no está afectado por la turbiedad, en cuyo caso se denomina "color aparente" .

MÉTODO ANALÍTICO

El tono amarillento de las aguas naturales o tratadas, se mide por comparación visual con soluciones de concentración conocida y preparadas según método estándar de platino-cobalto en el cual la unidad de color es aquella producida por 1 mg/l de platino en la forma de ion cloro platinado. Los patrones de comparación pueden estar en solución acuosa, (500 mg de platino metálico y 250 mg de cobalto metálico en un litro de solución equivalen a 500 UPC), en discos de vidrio o en escalas o tarjetas plastificadas, previamente calibrados con las soluciones estándar.

Material necesario

- Equipos
Centrífuga para tubos de 10 ml en adelante Comparador visual para color verdadero.
- Reactivos
Agua destilada o desmineralizada.
- Vidriería
Pipetas graduadas de 10 ml Probetas de 100 ml
Tubos de centrífuga.
- Otros
Frasco lavador de 500 ml Pera de caucho o propipeta



Procedimiento

1. Llenar uno de los tubos de Nessler del equipo disponible con agua destilada, a manera de referencia.
2. Llenar el segundo tubo de Nessler hasta la marca correspondiente con la muestra problema previamente centrifugada, si se presentan más de 10 Unidades de Turbiedad (UTN).
3. Observar los tubos por la parte superior, en forma longitudinal hacia abajo sobre una superficie blanca iluminada para que la luz penetre a través de las columnas de líquido y permita comparar eficientemente la muestra con los patrones.
4. Seleccionar el patrón que presente un color igual al de la muestra y adoptar este valor en UPC. Si el color del agua problema se halla entre dos patrones, asignarle un valor intermedio interpolando por aproximación.

Cálculos

Aplicar la siguiente relación para el cálculo del color en Unidades de Platino Cobalto (UPC), en caso de haber utilizado una dilución.

$$\text{COLOR UPC} = \frac{A \times B}{M}$$

Donde:

A = Color estimado de la dilución en la prueba de comparación visual.

B = Capacidad del tubo de Nessler utilizado, en ml.

M = Volumen en ml de la muestra efectiva tomada para el análisis.

Recomendaciones

Repetir la comparación visual sobre una dilución de la muestra si en el primer análisis el valor observado sobrepasa las 70. UPC.

Indicar simultáneamente con las unidades de color, el valor del pH al cual se realizó esta determinación, debido a la dependencia directa de estos parámetros.

Observar de acuerdo con la tabla No. 3, que el resultado se expresa en números enteros con la aproximación.



TABLA No. 1. Relaciones de alcalinidad

Resultado de la titulación				Hidróxidos mg/l-CaCO ₃	Carbonatos mg/l-CaCO ₃	Bicarbonatos mg/l-CaCO ₃
F		=	O	O	O	T
F	<	1/2	T	O	2F	T-2F
F	=	1/2	T	O	2F	O
F	>	1/2	T	2F-T	2(T-F)	O
F		=	T	T	O	O

* Aproximar al número entero más cercano divisible por el número de la referencia en cada rango. Ejemplos:

36.4 se escribirá 36
 53 se escribirá 52
 128 se escribirá 130
 312 se escribirá 310

TEMPERATURA

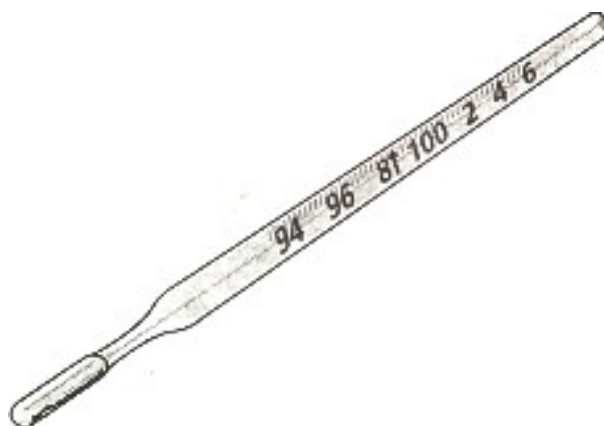


Fig. 48

Aparatos:

Termómetro de mercurio en grados centígrados, Rango: 10⁰e a + 110°

Procedimiento:

Sumerja el termómetro en el agua, espere 2 minutos y lea la temperatura.



EL OLOR Y EL SABOR



El análisis de olor y el sabor depende en buena medida de la sensibilidad olfativa y de gustativa del laboratorista u operador que realiza el ensayo.

Aparatos:

Termómetro de 0 a 100 °C

Destilador de agua

Procedimiento:

1. Prepare una muestra de agua destilada (libre de olor y sabor), la cual servirá de blanco de comparación.
2. Asegúrese de que los recipientes para la muestra y el blanco de comparación estén perfectamente limpios y hayan sido lavados y enjuagados con agua destilada.
3. Llene un recipiente con agua destilada y el otro con la muestra.
4. A la temperatura ambiente, agite el agua de los dos recipientes, huela el agua del blanco y enseguida el de la muestra. Si encuentra alguna diferencia, trate en lo posible de hacer una descripción cualitativa del olor, tal como: a tierra, a cloro u otros, y si no hay diferencia, anote simplemente en el resultado: "sin olor".
5. A continuación, tome un sorbo de aproximadamente 10 mililitros (ml) de agua de la muestra, manténgalo durante unos 5 segundos haciendo buches y escúpalo. Saboree la muestra mientras está en la boca y luego de arrojarla compare el sabor con el de la muestra blanca y si encuentra alguna diferencia haga una descripción cualitativa del sabor, tal como: salado, amargo, medicinal, a jabón, a aceite, a cloro u otros. Si no hay diferencia, anote simplemente en el resultado: "sin sabor".



6. Repita los ensayos calentando el agua de la muestra y el blanco a 40°C y luego a 60°C, ya que el olor y el sabor se intensifican con la temperatura.
7. Es evidente que en muestras de agua tratada, el olor y el sabor que más fácilmente se aprecia es del cloro.

ALCALINIDAD

IMPORTANCIA SANITARIA

Aunque en el Decreto del Ministerio de Salud No. 475 del 10 de marzo de 1988 relacionado con el uso de agua para el consumo humano, se menciona la alcalinidad como una de las pruebas mínimas en el control de calidad del agua potable, no se ha establecido aún el valor admisible correspondiente para este factor. Desde luego su ausencia, es totalmente inconveniente por los fenómenos de corrosión que implica este hecho y su exceso por lo tanto, estará asociado con el efecto contrario o sea el de la incrustación.

Lo que resulta evidente es que la alcalinidad en concentraciones moderadas (hasta 100 mg/D mejora el sabor del agua y favorece los procesos de coagulación y floculación en los tratamientos convencionales de aguas turbias o coloreadas.

MÉTODO ANALÍTICO

La cuantificación de la alcalinidad se basa en la cantidad de ácido estándar necesario para neutralizarla hasta un pH de 8.3 (alcalinidad a la fenolftaleína) y/o hasta un pH de 4.5 (alcalinidad total). Esta operación se puede realizar mediante la volumetría tradicional en presencia de los indicadores de fenolftaleína y mixto (una mezcla de verde de bromocresol y rojo de metilo - ver Anexo 1) respectivamente, cuyos cambios de color se manifiestan a estos valores de pH.

Si la muestra presenta una turbiedad alta que haga difícil la observación de los cambios de color en la titulación, se debe recurrir al uso de diluciones o de un potenciómetro (Ref: 403-48) ⁽¹⁾

Material necesario

- Equipos
 - Potenciómetro (para muestras excesivamente turbias o coloreadas).
 - Agitador magnético (para titulaciones potenciométricas).



- Reactivos (ver Anexo 1)
 Agua destilada y/o desmineralizada
 Ácido sulfúrico 0.02 N (Anexo 1)
 Indicador de fenolftaleína (Anexo 1) Indicador mixto (Anexo 1)
 Tiosulfato de sodio 0.1 N (Anexo 1)
- Vidriería
 Bureta de 25 ml graduada en 0.1 ml Erlenmeyer de 250 ml
 Pipetas graduadas de 1.5 Y 10 ml Probetas de 100 ml
- Otros
 Soporte y pinzas para bureta
 Pera de caucho o propipeta (para manejo de pipetas)
 Varillas magnéticas de agitación (para el método potenciométrico).

Procedimiento volumétrico

Medir en probeta 1 00 ml de agua problema o una parte proporcional diluida a 100 ml con agua destilada y colocarlos en un Erlenmeyer de 150 ml.

Adicionar 3 gotas del indicador de fenolftaleína y mezclar suavemente. Si no aparece ningún color, la alcalinidad a la fenolftaleína (F) es igual a cero (O); si por el contrario aparece un color rosado o violeta, continuar con el siguiente paso.

Titular la muestra coloreada desde una bureta que contenga el ácido sulfúrico 0.02 N, gota a gota y con agitación moderada hasta que con una última adición se obtenga la completa desaparición del color.

Calcular el valor respectivo para la alcalinidad a la fenolftaleína (F), a partir del gasto de ácido sulfúrico del paso anterior, aplicando la relación indicada en "cálculos".

Medir en probeta otros 1 00 ml de la muestra o una parte proporcional diluida a 100 ml con agua destilada, y colocarlos en un matraz o Erlenmeyer de 250 ml.

. Agregar 4 gotas del indicador mixto y mezclar. Si aparece un color anaranjado, la alcalinidad total (T) es igual a cero (O), pero si el color desarrollado es azul, continuar con el siguiente paso.

Titular la muestra azul desde una bureta que contenga el ácido sulfúrico 0.02 N, gota a gota y con agitación moderada hasta la aparición del color anaranjado. Para la mejor visualización de éste color se recomienda utilizar un "blanco" con agua destilada, restando luego este valor del gasto de la muestra.



Calcular el valor para alcalinidad total (T), a partir del ácido sulfúrico consumido en la titulación, como se indica en "cálculos".

Cálculos

Aplicar la relación siguiente para el cálculo de una o de las dos formas de alcalinidad mencionadas, (F) y/o (T) .

$$(F) \text{ y/o } (T) \text{ (en mg/l-CaCO}_3\text{)} = \frac{A \times B \times C \times 10000}{M}$$

donde:

- F = Alcalinidad a la fenolftaleína
- T = Alcalinidad total
- A = Mililitros del ácido sulfúrico gastados en la titulación
- B = Concentración Normal del ácido sulfúrico utilizado en este caso 0.02 N
- C = Peso equivalente gramo de carbonato de calcio (CaCO₃), patrón escogido para la expresión del resultado (50 g/eq).
- 1000 = Factor de conversión a miligramos por litro (mg/l).
- M = Volumen en mililitros de la muestra de agua titulada.

- Consultar la tabla No. 1, para que de acuerdo con los resultados relativos de (Ft y de (T), se pueden calcular las concentraciones de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos, respectivamente.

TABLA No. 1. Relaciones de alcalinidad

Resultado de la titulación				Hidróxidos mg/l-CaCO ₃	Carbonatos mg/l-CaCO ₃	Bicarbonatos mg/l-CaCO ₃
F	=	O	T	O	O	T
F	<	1/2	T	O	2F	T-2F
F	=	1/2	T	O	2F	O
F	>	1/2	T	2F-T	2(T-F)	O
F	=	T	T	T	O	O

Recomendaciones

Repetir el análisis sobre una dilución de la muestra, cuando el gasto inicial del ácido en la titulación supere los 10 ml, o cuando por exceso de turbiedad o color dificulte la visualización del cambio de color (VIRE).

Adicionar tiosulfato de sodio 0.1 N, cuando la muestra contenga cloro residual, pues este interfiere con el color. En este caso agregar también tiosulfato al "blanco" para compensar el error por este concepto.

Una gota de tiosulfato de sodio 0.1 N (0.05 ml), neutraliza 1 ppm de cloro residual en 100 ml de muestra.



POTENCIAL HIDROGENO (pH)

IMPORTANCIA SANITARIA

El efecto del pH sobre las propiedades químicas y biológicas del agua hacen de su determinación algo muy importante, por ejemplo en el control de la corrosión y de los procesos de tratamiento de aguas, puesto que su valor permanece en equilibrio permanente con la alcalinidad, la acidez y el bióxido de carbono presentes.

El valor deseable para pH en aguas potables, según la norma colombiana, es un rango que va de 7.0 a 8.5 unidades, mientras que el valor admisible oscila entre 6.5 y 9.0 unidades.

MÉTODO ANALÍTICO

La medición más confiable para el pH se realiza mediante el sistema electrométrico en el cual a través de un potenciómetro, un electrodo sensor de vidrio, un electrodo de referencia y un compensador de temperatura, se establece una diferencia de potencial que es función de la actividad de los iones de hidrógeno y que se traduce en términos de pH.

Material necesario

- Equipos
Potenciómetro con sus accesorios completos. Agitador magnético.
- Reactivos (ver Anexo 1)
Agua destilada o desmineralizada Solución de llenado para el electrodo
Solución reguladora pH 7.00 Solución reguladora pH 4.00 Solución reguladora pH 10.00
- Otros
Frasco lavador de polietileno de 500 ml

Barras de teflón de 4 cm x 0.8 cm para agitador magnético Papel suave (tipo Kleenex)

Vasos de precipitados de teflón de 100 ml.

Procedimiento

1. Encender el aparato y permitir su calentamiento durante unos 5 minutos.
2. Sacar los electrodos (o el electrodo si es combinado) del agua destilada.



3. Lavar los electrodos con suficiente agua destilada y secarlos cuidadosamente con un papel muy suave.
4. Destapar el orificio de llenado del electrodo y adicionarle la solución respectiva en caso de que el nivel esté bajo ..
5. Introducir los electrodos en un vaso con solución reguladora de pH 7.0, agitar suavemente (mejor con agitador magnético) y accionar el selector de pH.
6. Medir la temperatura de la solución y ajustar el equipo a ese valor.
7. Corregir la lectura del pH si el equipo no marca el 7.0, después de 5 minutos de contacto.
8. Sacar los electrodos de la solución, lavarlos repetidamente con agua destilada y secarlos cuidadosamente como ya se explicó.
9. Sumergir los electrodos en solución reguladora de pH 4.0 si las mediciones van a ser en medio ácido, o en solución reguladora de pH 10.0, si se va a trabajar en el sector alcalino.
10. Accionar el selector de pH y comprobar la lectura respectiva a los 5 minutos de contacto. Si el equipo está funcionando en buenas condiciones, no se debe presentar una desviación superior a ± 0.1 unidades de pH.
11. Lavar nuevamente y muy bien los electrodos con abundante cantidad de agua destilada, secarlos con papel suave e introducirlos en la muestra de agua problema.
12. Repetir el proceso de agitación, tiempo de contacto y lectura, e informar con aproximación de 0.1 unidades.
13. Sacar los electrodos de la muestra de agua problema, lavar abundantemente con agua destilada y secarlos con papel suave antes de proceder a la lectura de la siguiente muestra.
14. Lavar escrupulosamente los electrodos y cerrar el orificio de llenado.
15. Introducir los electrodos dentro de agua destilada, apagar el equipo y cubrirlo convenientemente para protegerlo de agentes externos mientras no este en uso.



Recomendaciones

Seguir cuidadosamente las instrucciones específicas del fabricante, para la calibración y mantenimiento del potenciómetro disponible en el laboratorio.

Lavar mensualmente el electrodo con agua tibia y llenarlo con solución nueva.

DUREZA TOTAL

IMPORTANCIA SANITARIA

La dureza es una propiedad de las aguas que se manifiesta por el consumo elevado de jabón en labores de limpieza, por la acumulación de lodos en tanques de almacenamiento, por las incrustaciones y los taponamientos en tuberías de conducción y por los sabores especiales de las "aguas duras".

Este comportamiento es ocasionado por sustancias metálicas en solución o en términos generales por la presencia de cualquier ion positivo (catión), con excepción del sodio y el potasio. Sin embargo, como la abundancia relativa del calcio y el magnesio en aguas naturales o tratadas es desproporcionadamente mayor con respecto a los demás componentes metálicos, se considera para efectos prácticos que toda la dureza es debida a estos dos elementos.

El valor admisible para la dureza total de acuerdo con el Decreto 475 está comprendido entre 30 y 150 mg/l - CaCO_3 •

MÉTODO ANALÍTICO

El ácido Etilendiaminotetra-acético (EDT A) y sus sales sódicas, forman un quelato soluble con los cationes metálicos como el calcio y el magnesio; por eso cuando se agrega una pequeña cantidad del indicador Eriocromo Negro T a una muestra "dura" acondicionada a $\text{pH } 10 \pm 0.1$, se obtiene un color vino tinto que posteriormente al titular con EDT A, cambia a una tonalidad azul, por quelación de los cationes correspondientes.

Material necesario

- Reactivos (ver Anexo 1)
 - Agua destilada o desmineralizada
 - Amoníaco, solución concentrada
 - Cianuro de sodio, reactivo sólido
 - EDT A, solución estándar 0.01 M. (Anexo 1)
 - Hidróxido de sodio 0.1 N (Anexo 1)
 - Indicador de Eriocromo Negro T en polvo (Anexo 1)
 - (Comercialmente se pueden adquirir pastillas indicadoras para la dureza total)



Solución estándar de calcio. (1 ml = 1 mg de CaC_{30}) (Anexo 1)
Solución reguladora de dureza total (Anexo 1)

- Vidriería
Bureta de 10 ml graduada en 0.01 ml Erlenmeyer de 250 ml
Pipetas graduadas de 10 ml
Probetas de 100 ml
- Otros
Cucharilla de medición
Pera de caucho o propipeta
Soporte y pinzas para bureta.

Procedimiento

Medir en probeta 50 ml de la muestra de agua problema, o una parte alícuota diluida hasta 50 ml con agua destilada y colocarla en un Erlenmeyer de 250 ml.

Adicionar 1 ml de la solución reguladora de amonio y mezclar. Si se utilizan pastillas indicadoras para dureza total, se puede emplear solución concentrada de amoníaco en la misma cantidad.

Agregar con la cucharilla de medición una pequeña cantidad de indicador en polvo Eriocromo Negro T, o una pastilla indicadora para dureza total según el caso.

Mezclar hasta completar disolución del indicador. Si aparece un color azul o un verde definidos, (según el indicador utilizado) la dureza total es igual a cero (0), pero si la coloración es vino tinto, continuar con el paso siguiente.

Titular la muestra desde la bureta con la solución estándar de EDT A 0.10 M, gota a gota y agitando constantemente hasta que con una última adición, aparezca el color azul o el verde (según el indicador utilizado).

Calcular la dureza total a partir del gasto de EDT A durante el análisis, como se indica a continuación.



Cálculos

Aplicar la relación siguiente para calcular la Dureza Total (DT), expresada en mg/l CaCO_3 .

$$\text{DUREZA TOTAL (DT) mg/-CaCO}_3 = \frac{A \times B \times C \times 1000}{M}$$

donde:

DT	=	Dureza total
A	=	Mililitros de EDTA 0.10 M consumidos en la titulación
B	=	Concentración molar del EDTA utilizado (0.01 M).
C	=	Peso fórmula gramo de carbonato de calcio (100 g)
1000	=	Factor de conversión en miligramos por litro
M	=	Volumen en ml de la muestra de agua titulada

Recomendaciones

Emplee un "blanco" con 50 ml de agua destilada, para compensar las impurezas de los reactivos y definir el tono de color en el punto de viraje, restando su valor del gasto de la muestra antes de hacer los cálculos.

Repetir la titulación con una dilución de la muestra si en el primer intento el gasto supera los 10 ml de EDTA.

Agregar hidróxido de sodio 0.1 N (asegurando un pH de 10 ± 0.1) Y unos 250 mg de cianuro de sodio (muy tóxico), antes de la titulación, cuando se presenten interferencias en el color debido a la presencia de metales pesados.

Medir muestras de 500 a 1000 ml para el análisis de aguas con un bajo contenido de dureza aumentando proporcionalmente las cantidades de los reactivos necesarios.

CLORO RESIDUAL

IMPORTANCIA SANITARIA

De acuerdo con el Decreto 475 del 10 de marzo de 1988, "el valor admisible de cloro residual libre en *cualquier* punto de la red de distribución del agua, deberá estar comprendido entre 0.2 y 1.0 mg/l".

Siendo el cloro el desinfectante universal más *utilizado* en nuestro *país*, es natural que las aguas tratadas presenten una alta posibilidad de contener cloro residual en alguna de sus formas, de las cuales el cloro residual libre es el que ofrece el mayor grado de acción sobre las especies bacterianas patógenas conocidas; por



esta razón, la presencia en aguas tratadas de cloro residual libre, se puede considerar como una importante garantía de potabilidad.

MÉTODO ANALÍTICO

En ausencia del ion yoduro, el cloro residual libre reacciona instantáneamente con el reactivo N,N-dietil-p-fenilendiamina *DPD) para formar un compuesto de color rosado-violeta, cuya intensidad es proporcional a la concentración de cloro residual libre presente, pudiendo determinarse volumétrica o espectrofotométricamente.

El método permite además cuantificar el cloro residual combinado, ya que al agregar una pequeña cantidad de ion yoduro, este reacciona catalíticamente sobre las monocloramias produciendo un color extra que puede medirse en la misma forma. En este manual presentamos el método volumétrico.

Material necesario

- Reactivos (ver Anexo 1)
Arsenito de sodio al 0.5% (Anexo 1) Indicador de DPD (Anexo 1)
Yoduro de potasio en cristales
Solución reguladora de fosfato (Anexo 1)
Sulfato ferroso amoniacal (1 ml = 0.1 mg de C12) (Anexo 1).
- Vidriería
Bureta de 10 ml graduada en 0.01 ml
Erlenmeyer de 250 ml
Pipetas graduadas de 5 ml
Probetas de 100 ml
- Otros
Cucharilla de medición (para un gramo)
Soporte y pinzas para bureta
Pera de caucho o propipeta.

Procedimiento

Colocar 5 ml de solución reguladora de fosfatos y 5 ml del indicador de DPD en Erlenmeyer vacío de 250 ml.

Medir en probeta de 100 ml, de la muestra de agua, adicionarla en el Erlenmeyer dispuesto y mezclar. Si no hay aparición de color el cloro residual libre es igual a cero (0). en caso contrario seguir con el paso siguiente.



Titular la muestra rosada desde una bureta que contenga la solución estándar de sulfato ferroso amoniacal, gota a gota y con agitación constante hasta que desaparezca completamente el color.

1. Calcular la concentración de cloro residual libre en la muestra de agua a partir del gasto de solución de sulfato ferroso amoniacal, aplicando la relación indicada en "cálculos".
2. Adicionar sobre la solución remanente de la titulación anterior (aún en el caso de que el cloro residual libre haya sido cero), cristales de yoduro de potasio aproximadamente 1g con una cucharilla de medición).

Mezclar hasta disolución completa y observar después de 2 minutos de reposo. Si no hay coloración alguna, el cloro residual combinado es igual a cero (0). Si aparece color continuar con el siguiente paso.

Titular la muestra rosada con la solución de sulfato ferroso amoniacal, gota a gota hasta la completa desaparición del color y a partir del gasto calcular el cloro residual combinado, según "cálculos".

Cálculos

Aplicar la siguiente relación, ya sea para el cálculo del Cloro Residual Libre (CRL) o del Cloro Residual Combinado (CRC).

$$(\text{CRL}) \text{ y/o } (\text{CRC}) \text{ (en mg/l-Cl}_2\text{)} = \frac{A \times B \times 1000}{M}$$

La suma del cloro residual libre más el cloro residual combinado, constituye el cloro residual total: (CRT = CRL + CRC).

Donde:

CRL	=	Cloro residual libre
CRC	=	Cloro residual combinado
CRT	=	Cloro residual total
A	=	Mililitros de sulfato ferroso amoniacal gastados en la titulación.
B	=	Título de sulfato ferroso amoniacal (0.1 mg Cl ₂ / ml).
1000	=	Factor de conversión a miligramos por litro.
M	=	Volumen de muestra titulada en mililitros.

Recomendaciones

Corregir la posible interferencia por manganeso (si se conoce o presume su presencia) de la siguiente manera: medir 5 ml de la solución reguladora y 0.5 ml



de arsenito de sodio en un Erlenmeyer de 250 ml. Agregar 100 ml de la muestra y mezclar. Añadir 5 ml del DPD, mezclar y titular como ya se explicó anteriormente. Restar este valor del obtenido antes en la titulación normal.

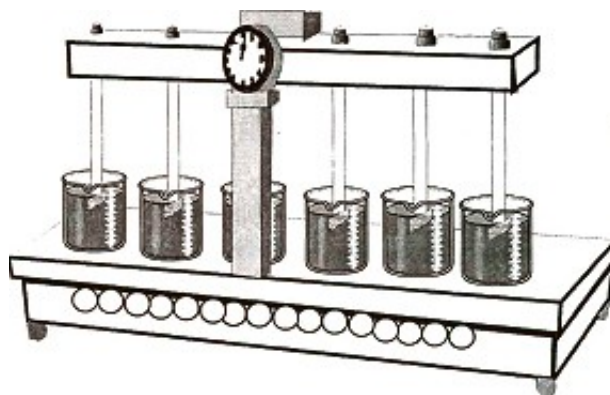
Repetir el análisis sobre una dilución de la muestra con agua destilada, en caso de sobrepasar los 5 ml en la primera valoración.

Cuando se titulan 100 ml de muestra, cada ml de la solución estándar de sulfato ferroso amoniacal consumido, corresponde a 1 mg/l de cloro residual ya sea libre o combinado según el caso.

DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTES - ENSAYO DE JARRAS

Este es el principal ensayo que se hace en una planta de tratamiento y su objetivo es poder determinar la dosis de coagulantes que produce el más rápido aglutinamiento de partículas finamente divididas y coloidales en la planta, haciendo que se forme un coágulo (o floc) pesado y compacto que decante fácilmente en los sedimentadores o no se rompa en el filtro. El aparato para el ensayo de jarras consta básicamente de un agitador múltiple, de velocidad variable, que puede crear turbulencia simultáneamente en seis (6) vasos de precipitado. Con esta prueba se pretende reproducir las condiciones en las cuales se produce floculación en la planta de tratamiento. Con los resultados obtenidos, se puede fijar la descarga de los dosificadores de la planta, para conseguir el máximo rendimiento en la floculación con el mínimo de material coagulante.

Aparatos necesarios:



Reactivos:

Solución dosificadores de alumbre: pese 10 gr de alumbre (del mismo que se está dosificando en la planta), transfíralos a un vaso de precipitado y disuélvalos con agua



Solución de cal: pese 10 gr de cal (de la misma que se está empleado en la planta), transfíralos a un vaso de precipitado y disuélvalos con agua destilada o agua tratado; espere que la solución se enfríe y transfírala a un matraz de un litro, completando el volumen con agua.

Al igual que la solución de alumbre, la concentración de esta solución es de tal que al dosificar un mililitro de ella a las jarras de un litro, se están dosificando 10 ppm.

Nota: si las jarras son de 500 ml. Prepare las soluciones de alumbre y cal, y pese únicamente 5 gr.

Procedimiento:

Recoja en un balde una muestra de agua cruda, en el sitio de entrada a la cámara de mezcla rápida.

Determine la turbiedad, color, pH y alcalinidad del agua cruda.

Mida en la probeta de un litro, 6 muestras del agua cruda, previamente mezclada y transfíralos a los vasos de precipitado.

Introduzca las paletas del aparato mezclador de jarras de manera que queden bien centradas.

Prenda el tacómetro a la velocidad correspondiente a la mezcla rápida en la planta (si no la conoce use 100 rpm)

Mida con la pipeta graduada de 10 ml los volúmenes correspondientes a la dosificación deseada, sabiendo que un mililitro equivale a 10 mg/lit.

Transfiera estos volúmenes a las jeringas desechables y colóquelas en el soporte del mezclador.

Dosifique las jarras e inmediatamente comience a contar el tiempo, transcurrido un minuto, reduzca la velocidad a la correspondiente de los floculadores (si no la conoce use 40 rpm). Observe el tiempo que tardan en aparecer los flóculos transcurrido el tiempo de mezcla lenta, que generalmente varía entre 15 minutos y media hora según la planta, pare el mezclador y retire las paletas de las jarras.

Espera unos veinte minutos (este tiempo varía según la planta) y observe la velocidad de sedimentación del floc.

Al cabo de este tiempo, tome muestras de líquido clarificado, con cuidado de no remover el floc sedimentado y determine el pH, color, turbiedad y color.



Con los valores de alcalinidad y pH se determina la necesidad de repetir el ensayo, dosificando cal a las jarras antes de la dosificación del alumbre, cuando la alcalinidad del agua cruda es muy baja; o al agua filtrada, cuando el pH de éste; es menor de 6,5.

Una vez determinada la dosis optima de coagulante por el ensayo de jarras, se procede a calcular la descarga del dosificador. Así por ejemplo, si se encontró por el ensayo de jarras que la dosis óptima de 18 mg/lit, eso quiere decir que cada litro de agua que está entrando a la planta necesita 18 mg de alumbre.

PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO PARA ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

El agua cruda o el agua inadecuadamente tratada, puede contener microorganismos patógenos, es decir, que pueden causar enfermedades y aun la muerte. Las bacterias coliformes, que de por sí no producen enfermedades, están asesoradas con los organismos patogénicos y son un buen índice del grado de seguridad bacteriológica del agua. Las bacterias coliformes viven y hacen parte de la flora del intestino humano y de otros animales, y son descargadas en gran cantidad en las heces humanas y las de esos animales. Cuando aparecen bacterias coliformes en el agua, se asume que otra clase de microorganismos capaces de causar enfermedades, pueden estar presentes. De igual forma, su ausencia es un indicativo de que el agua es bacteriológicamente segura para consumo humano.

El grupo coliforme incluye todas las bacterias aeróbica y facultativas anaeróbicas, Gramnegativas, no esporuladas y de forma cilíndrica, que fermentan la lactosa con producción de gas en un medio de cultivo determinado, dentro de un proceso que dura 48 horas a 35 o C.

Hay dos métodos aceptados hoy en día para el análisis bacteriológico del agua:

- El método de los tubos múltiples de fermentación
- El método de filtro de membrana

Por tratarse de ensayos que deben ser practicados por profesionales bacteriólogos, no se detalla en esta guía la complejidad del análisis, sino el procedimiento general que se sigue para la determinación de los coliformes totales.



MÉTODO DE TUBOS MÚLTIPLES DE FERMENTACIÓN

Aparatos necesarios:

- Una (1) incubadora.
- Un (1) horno estabilizador.
- Un (1) autoclave.
- Una (1) balanza.
- Un (1) aparato de agua destilada.
- Tubos de fermentación de 175 x 22 mm con bujía Durham y tapa de caucho.
- Tubos de fermentación de 150 x 16 mm con bujía Durham y tapa de caucho.
- Pipetas de medida.

Medios de cultivo:

- Caldo de lauril triptosa.
- Caldo lactosado verde, bilis brillante.
- EMB (Agar de Eosina azul de metileno).
- Agar nutritivo.
- Caldo EC.

Prueba Presuntiva

Se disuelve la muestra de agua tratada con agua destilada en diluciones de 100 ml, 10 ml y 1 ml. Se siembran cinco (5) tubos por cada serie de dilución escogida con caldo de lauril triptosa y después de agitar bien la muestra, se coloca en la incubadora a 35 °C, durante un tiempo aproximado de 24 horas + dos horas ó - dos horas. Después de este tiempo se examinan los tubos para ver si hay presencia de gas y turbiedad. Si no existe producción de gas en los tubos, se reincuban por un período adicional de 24 horas y se vuelven a examinar para ver si hay presencia de gas. Si al final de este tiempo no hay presencia de gas. Si al final de este tiempo no hay presencia de gas y turbiedad, se descarta la prueba y se informa como "negativa a coliformes fecales".

En caso de que los tubos de la prueba presuntiva resulten positivos, es decir, si hubo formación de gas y turbiedad, se someten a la prueba confirmativa.

Prueba confirmativa

Con un aplicador o asa bacteriológica se transfiere una muestra de cada uno de los tubos positivos de la prueba presuntiva a tubos con caldo lactoso verde, bilis brillante. Después de agitar los tubos cuidadosamente,



el medio de cultivo se guarda e la incubadora graduada a $35^{\circ}\text{C} \pm 2$ horas de incubación, se examinan los tubos para ver la presencia de gas. Si no hay presencia de gas en los tubos, se reincuban por un período adicional de 24 horas, transcurridas las cuales se anotan los resultados y se procede a efectuar la prueba completa con los tubos que hayan resultado positivos. Los tubos que hayan resultado negativos se descartan. Aquí podría terminar el ensayo. Sin embargo la prueba completa debe efectuarse en caso de análisis con dudas.

Prueba Completa

Esta prueba tiene como finalidad establecer definitivamente la presencia del grupo coliformes y proveer los datos para el control de calidad.

A partir de los tubos positivos de la prueba confirmativa, siembre una caja Petri que contenga medio EMB (Agar eosina azul de metileno) e incúbela a 35°C por 24 horas ± 2 horas.

Transfiera una o más colonias típicas aisladas (con o sin brillo metálico) a un tubo con medio caldo Lauril triptosa y al mismo tiempo a un medio agar nutritivo inclinado.

Se incuban los tubos con medio caldo Lauril triptosa durante 24-48 horas a 35°C . Se incuban los tubos con el agar nutritivo inclinado a 35°C durante 24-48 horas.

La formación de gas en los tubos de fermentación y la presencia de bacilos Gram negativos que se han coloreado con la técnica de Gram. Procedentes del agar nutritivo inclinado, constituyen un test completo positivo para coliformes totales.



CALCULO DE LOS RESULTADOS

Los resultados del NMP deben ser calculados a partir de la tabla de NMP, con base en el número de tubos positivos en cada dilución a partir de la prueba confirmativa.

Cuando la serie de diluciones decimales es diferente la de la tabla, el valor del NMP, se lee en ella y se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{NMP (ver tabla)} \times \frac{10}{\text{volumen mayor que fue sembrado}}$$

Esto nos da NMP/100 mls

Método para Coliformes Fecales

Los tubos positivos de caldo lauril procedentes de la prueba presuntiva se inoculan con caldo EC y se incuban a $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas, en baño.

Al cabo de este tiempo se verifica presencia de gas.

Cualquier cantidad de gas en los tubos al cabo del tiempo de incubación constituye una prueba positiva para coliformes fecales.

Calculo de los resultados

Calcular el número de coliformes fecales con base en el número de tubos de caldo EC positivos.

PRACTICA DE CAMPO

Conjuntamente con los participantes realizar análisis de laboratorios mínimos.

RESUMEN DE IDEAS

Los análisis mínimos para identificar la calidad del agua son:

Alcalinidad. Cuya concentración moderada (hasta 100 mg/lit) es deseable para mejorar el sabor del agua y favorecer los procesos de coagulación y floculación.

Cloro residual. La importancia del cloro residual libre en aguas potabilizadas radica en la garantía que ofrece de potabilidad. En cualquier punto de la red debe tener una concentración de entre 0.1 y 1.0 mg/lit.



Color. Este elemento en aguas para consumo humano causa una condición de rechazo sin embargo es conveniente mantener su valor por debajo de 5 UPC; el valor deseable es de 1.5 UPC.

Dureza Total. Es una propiedad de las aguas que se manifiesta por un elevado consumo de jabón en labores de limpieza, incrustaciones en las tuberías y sabor particular, su valor admisible está entre 30 y 150 mg/lit de CaCO_3 .

Potencial Hidrógeno, que tiene relación con otras propiedades físicas y químicas del agua. Su valor deseable está entre 6.5 y 9.0 unidades.

Turbiedad: esta es causada por material en suspensión de cualquier clase. Su valor deseable es de 1 UNT y es admisible de 5 UNT.

El decreto 2105 del Ministerio de Salud es el que fija los valores deseables para los diferentes parámetros que determinan la calidad del agua para consumo humano.

EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

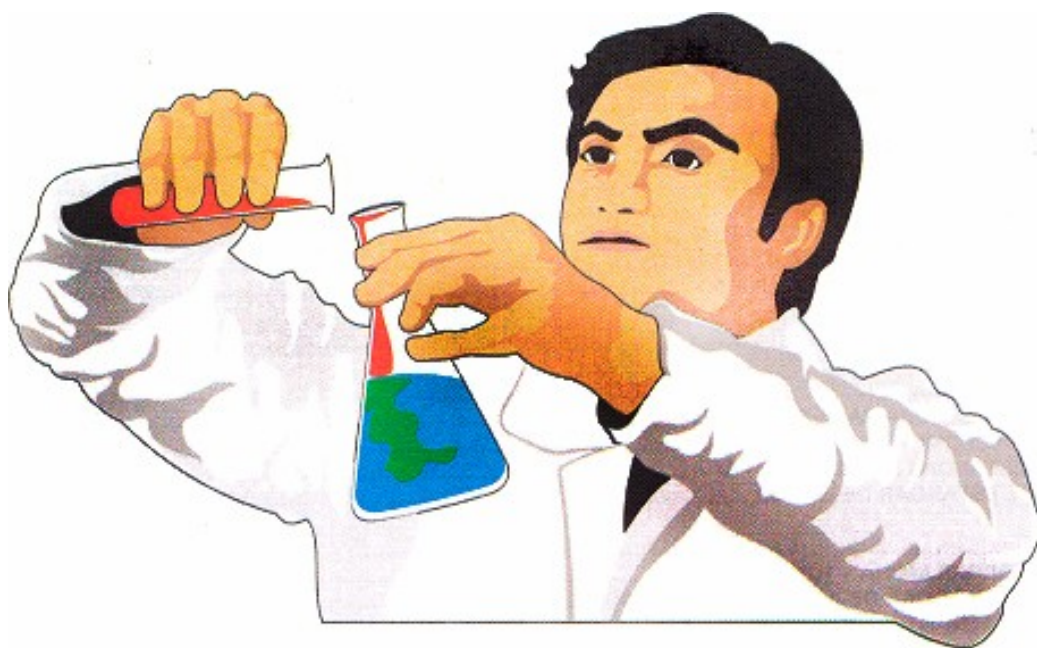
Según equipos existentes en la planta de tratamiento de su localidad, identifique los análisis que estará en capacidad de realizar en condiciones actuales.

Realice análisis de laboratorio de agua cruda y agua tratada y compare los resultados.



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico



Anexo 1 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES Y REACTIVOS



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
ALCALLNIDAD	154
ÁCIDO SULFÚRICO 0.1 N	154
HIDRÓXIDO DE SOOLO 0.1 N	154
FTALATO ÁCIDO DE POTASIO 0.05 N	154
INDICADOR DE FENOLFTALEINA AL 0.5%	154
ÁCIDO SULFÚRICO 0.02 N ..	155
CARBONATO DE SO DIO 0.05 N	155
INDICADOR MIXTO,	155
TIOSULFATO DE SOOLO 0.1 N	155
CLORO RESIDUAL	155
SOLUCIÓN REGULADORA DE FOSFATOS	155
INDICADOR DE D.P.D	156
SULFATO FERROSO AMONICAL ESTÁN DAR (FAS)	156
DICROMADO DE POTASIO ESTÁN DAR 0.1 N	156
INDICADOR DIFENILAMINA SULFATO DE BARIO	156
ARSENITO DE SO DIO - 0.5%	157
CLORUROS	157
CROMA TO DE POT ASIO	157
NITRATO DE PLATA ESTÁN DAR 0.01441 N	157
CLORURO DE SODIO ESTÁN DAR 0.01441 N	157
SUSPENSIÓN DE HIDRÓXIDO DE ALUMINIO	157
COLOR.....	157
DUREZA TOTAL	158
SOLUCIÓN REGULADORA PARA DUREZATOTAL	158
INDICADOR ERICROMO T	158
SOLUCIÓN ESTÁN DAR DE EDTA 0.01 M	158
SOLUCIÓN DE ESTÁN DAR DE CALCIO	158
HIERRO TOTAL	159
SOLUCIÓN HIDROXILAMINA - 10%	159
SOLUCIÓN REGULADORA DE ACETATO DE AMONIO	159
SOLUCIÓN DE FENANTROLLNA - 0.1 %	159
SOLUCIÓN PATRÓN CONCENTRADA DE HIERRO	159
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	
(PH).....	159
SULFA TOS	160



SOLUCIÓN ACONDICIONADORA	160
SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE SULFATOS	160
TURBIEDAD	160
SOLUCIÓN 1- SULFATO DE HIDRACINA AL 1 %	160
SOLUCIÓN 11 - HEXAMETILENTETRAMINA AL 10%	160
MEZCLA SULFO-CROMICA.....	160
FÓRMULAS Y TÉCNICAS DE PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO	161
CALDO LACTOSA BILIS VERDE BRILLANTE AL 2% (CALDO BRILA)	161



PRESENTACIÓN

La preparación de soluciones y reactivos es una actividad previa a la realización de la prueba o análisis de laboratorio, en su realización se debe seguir cuidadosamente el procedimiento descrito para garantizar la calidad de los resultados.

Este anexo presenta los procedimientos para preparar las soluciones y reactivos necesarios para la realización de los análisis de rutina en una planta de potabilización.



ALCALINIDAD

Ácido sulfúrico 0.1 n.

Disolver 2.8 ml de ácido sulfúrico concentrado calidad reactivo analítico ($d = 1.84$ gr/ml, pureza 98%) en 500 ml de agua destilada contenida en un vaso de precipitados de 600 ml. Mezclar y dejar enfriar.

Completar a volumen con agua destilada en un matraz volumétrico de un litro (1 L) mediante enjuagues sucesivos del vaso de precipitados. Mezclar y envasar en un recipiente de vidrio ámbar de 1 L enjuagado previamente con el ácido y provisto con tapa de plástico.

Hidróxido de sodio 0.1 N

Pesar 4 gramos de hidróxido de sodio calidad reactivo analítico y disolverlos en 500 ml de agua destilada libre de bióxido de carbono (agua destilada recién hervida y enfriada).

Completar a volumen con la misma clase de agua destilada en un matraz volumétrico de 1 L Y envasar lo más pronto posible (para evitar la redisolución del Ca del aire) en un frasco plástico de 1 L, con tapa del mismo material o de caucho para formar un sifón.

El recipiente más práctico para dispensar soluciones de hidróxido de sodio, es un sifón de polietileno, en el cual la salida del líquido se controla con una pinza, conectando al tubo libre una cápsula con cal sodada o algún otro absorbente para el CO_2 del aire.

Titular con una solución estándar de ftalato ácido de potasio 0.1 N en presencia de indicador de fenolftaleína.

Ftalato ácido de potasio 0.05 N.

Triturar unos 15 gramos de ftalato ácido de potasio, estándar primario calidad reactivo certificado (KHC_8H_4) O b hasta un tamaño de aproximadamente 100 mallas y secarlos a 120°C durante 2 horas.

Colocarlos luego en un desecador durante 1 hora y pesar en balanza analítica 10.0 ± 0.5 g, con aproximación al miligramo.

Disolver el biftalato de potasio en 500 ml de agua destilada libre de CO_2 y completar a volumen en un matraz aforado de 1 L. Envasar en frasco de polietileno.



Indicador de fenolftaleína al 0.5%

Disolver 5 g de fenolftaleína calidad reactivo analítico en 500 ml de alcohol etílico del 95%. Se puede emplear también alcohol isopropílico.

Agregar a la solución anterior 500 ml de agua destilada y mezclar convenientemente hasta su completa disolución.

Adicionar gota a gota una solución de hidróxido de sodio 0.02 N hasta la obtención de un ligero pero estable color rosado. Envasar inmediatamente.

Ácido sulfúrico 0.02 N.

Diluir 200 ml del ácido sulfúrico estándar 0.1 N (A-1) con agua destilada o desmineralizada y completar a volumen en un matraz aforado de 1 L.

Titular con una solución estándar de carbonato de sodio 0.05 N en presencia de Indicador Mixto.

Se puede titular también con una solución estándar de hidróxido de sodio, empleando fenolftaleína como indicador.

Carbonato de sodio 0.05 N

Secar 4 g de carbonato de sodio estándar primario, calidad reactivo certificado a 250°C durante 4 horas y colocarlos en un desecador 1 hora.

Pesar 2.5 ± 0.2 g del carbonato seco con aproximación al mg, disolverlo en agua destilada y completar a volumen de matraz aforado de 1 L; según los Standard Methods (1), no se debe guardar más de una semana.

Indicador mixto

Pesar 100 mg de verde de bromocresol y 20 mg de rojo de metilo y triturarlos en un mortero de porcelana.

Disolver la mezcla anterior en 100 ml de alcohol etílico del 95%. Se puede emplear también como disolvente alcohol isopropílico o agua destilada.



Tiosulfato de sodio O. 1 N

Disolver 25 g de tiosulfato de sodio calidad reactivo analítico ($\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2 \text{O}$) en agua destilada y completar a volumen en un matraz aforado de 1 L.

CLORO RESIDUAL

Solución reguladora de fosfatos

Disolver completamente 24 g de fosfato, di-sódico anhidro calidad reactivo analítico

(Na HPO_4) y 46 g de fosfato monopotásico, también reactivo analítico ($\text{KH}_2 \text{PO}_4$), en 600 ml de agua destilada.

Adicionar 800 mg del reactivo analítico sal disódica del ácido etilen-diamino-tetra-acético (EDT A) a 100 ml de agua destilada y mezclar hasta completa disolución.

Mezclar las dos soluciones anteriores y completar con agua destilada en un matraz aforado de 1 L. Envasar inmediatamente.

Adicionar a la solución ya envasada, 20 mg del reactivo cloruro mercuríco (HgCl_2) para evitar el crecimiento de hongos y la posible interferencia del radical yoduro. Se debe tener extrema precaución con el manejo del HgCl_2 debido a su toxicidad.

Indicador de D.P.D

Adicionar a 500 ml de agua destilada libre de cloro, (se debe comprobar la ausencia de cloro en el agua destilada aplicando el mismo procedimiento de análisis. En caso de detectarse el cloro se debe redestilar el agua o cambiar de fuente de suministro), 8 ml de ácido sulfúrico 1 + 3 y 200 mg de EDT A disódico.

Pesar 1.1. g de sulfato de N,N-dietil p-fenilendiamina anhidro (DPD) o 1.5 g del sulfato pentahidratado, o 1 g del oxalato (este último es tóxico), y disolverlos en la solución ya preparada.

Completar a volumen con agua destilada libre de cloro en un matraz aforado de 1 L. y envasar inmediatamente en un frasco de vidrio oscuro, con tapa del mismo material. Se debe guardar en sitio oscuro y descartar cuando presente alguna coloración.

Sulfato ferroso amoniacal estándar (FAS)

Agregar a 500 ml de agua destilada recién hervida y fría 1 ml de ácido sulfúrico 1 + 3 y 1,106 g del reactivo analítico sulfato ferroso amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4) \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$). Mezclar hasta completa disolución.



Titular con una solución estándar de dicromato de potasio 0.1 N en presencia de difenilamina sulfonato de bario como indicador.

Procedimiento:

Medir 100 ml de FAS en un matraz Erlenmeyer de 250 ml agregar 10 ml de ácido sulfúrico 1 + 5, 5 ml de ácido fosfórico concentrado, 2 ml del indicador difenilamina sulfonato de bario y titular con la solución estándar de dicromato de potasio hasta la aparición de un color violeta persistente por 30 segundos.

Dicromato de potasio estándar 0.1 N

Disolver 4.904 g de dicromato de potasio estándar primario, reactivo certificado anhidro ($K_2Cr_2O_7$), con agua destilada y completar a volumen en un matraz aforado de 1 L.

Envasar en frasco de vidrio ámbar, con tapa del mismo material.

Indicador difenilamina sulfato de bario

Disolver 0.1 g del reactivo analítico difenilamina sulfonato de bario ($C_6H_5NH-C_6H_4-SO_3$)₂ Ba en 100 ml de agua destilada.

Arsenito de sodio - 0.5%

Disolver 5.0 g del reactivo analítico arsenito de sodio ($NaAsO_2$) en agua destilada y completar el volumen en un matraz aforado de 1 L. Se debe manejar con cuidado por su toxicidad.

CLORUROS

Cromato de potasio

Disolver 50 g del reactivo analítico Cromato de potasio (K_2CrO_4) en 500 ml de agua destilada.

Adicionar gota a gota solución de nitrato de plata estándar 0.01441 N hasta la aparición de un precipitado de color rojo definido y dejar en reposo durante 12 horas.

Filtrar la solución y completar a volumen con agua destilada en un matraz aforado de 1 L.



Nitrato de plata estándar 0.01441 N

Disolver 2.395 g del reactivo analítico (AgNO_3) en agua destilada y completar a volumen en un matraz aforado de 1 L. Envasar en frasco oscuro y titular con una solución estándar de cloruro de sodio 0.01441 N en presencia del indicador de cromato de potasio.

Cloruro de sodio estándar 0.01441 N

Secar 2.9 del reactivo analítico (NaCl) a 140°C , durante 1 hora y guardar en desecador por el mismo tiempo. Pesar 824.0 mg del reactivo seco, disolverlo en agua destilada y completar a volumen en un matraz aforado de 1 L.

Suspensión de hidróxido de aluminio

Disolver 125 g de sulfato de aluminio y potasio ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) o de sulfato de aluminio y amonio ($\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) en 1 L de agua destilada.

Calentar la solución a 60°C y agregar 55 ml de hidróxido de amonio concentrado (NH_4OH), con agitación lenta.

Dejar en reposo durante 1 hora y transferir a una botella grande para lavar el precipitado mediante adiciones sucesivas de agua destilada, mezcla fuerte y decantación, hasta que el agua de lavado este libre de cloruros.

COLOR

De acuerdo con el método presentado en este manual, no se requieren reactivos.

DUREZA TOTAL

Solución reguladora para dureza total

Disolver 16 g del reactivo cloruro de amonio (NH_4Cl) en 143 ml de solución concentrada de hidróxido de amonio (NH_4OH).

Agregar 1.25 g de sal magnésica de EDT A (titriplex magnesio) y diluir con agua destilada hasta un volumen de 250 ml.

Indicador ericromo T



Mezclar 0.5 g del reactivo sal sódico del 1-(1-hidroxi-2-naftílo)-5-nitro-2-naftol-4-ácido sulfónico con 100 g del reactivo cloruro de sodio seco (NaCl). Moler en mortero la mezcla hasta una completa homogenización y un tamaño aproximado entre 40 y 50 mallas.

Envasar en un frasco oscuro de boca ancha y cierre hermético y guardar en un lugar fresco y seco.

Solución estándar de EDTA 0.01 M

Pesar 3.723 g del reactivo analítico etilendiaminotetra-acetato di-sódico dihidratado (secado previamente a 80°C), disolverlo en agua destilada y completar a volumen en un matraz aforado de 1 L.

Titular la solución de EDTA así preparada, con solución estándar de calcio en la cual 1 ml equivale a 1 mg de CaCO_3 .

Solución de estándar de calcio

Pesar 1 g del reactivo carbonato de calcio anhidro (CaCO_3) estándar primario, y colocarlo cuidadosamente dentro de un matraz Erlenmeyer de 500 ml.

Agregar mediante un embudo, muy lentamente, gotas de ácido clorhídrico 1:1, hasta que todo el carbonato de calcio se haya disuelto.

Adicionar 200 ml de agua destilada y someter a ebullición durante unos pocos minutos para expulsar el dióxido de carbono presente.

Enfriar, añadir una gota de indicador de rojo de metilo y ajustar la solución al color anaranjado intermedio mediante la adición de hidróxido de amonio 3 N o ácido clorhídrico 1 + 1 según sea necesario.

Diluir con agua destilada y completar a volumen en un matraz aforado de 1 L. En esta solución, 1 ml equivale a 1 mg de CaCO_3 .



HIERRO TOTAL

Solución hidroxilamina - 10%

Disolver 250 g. del reactivo analítico hidroxilamina ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$) en 100 ml de agua destilada exenta de hierro.

Solución reguladora de acetato de amonio

Disolver 250 g del reactivo analítico acetato de amonio ($\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$) en 150 ml de agua destilada.

Adicionar a la solución anterior, 700 ml de ácido acético glacial lentamente y envasar en forma inmediata.

Solución de fenantrolina - 0.1 %

Colocar 100 mg del reactivo analítico 1.10 fenantrolina monohidratada ($\text{C}_{12}\text{H}_9\text{N}_2\text{H}_2\text{O}$) e 100 ml de agua destilada.

Disolver el reactivo anterior mediante agitación y calentamiento a 80°C sin alcanzar el punto de ebullición. Si se oscurece esta solución debe desecharse.

Obviar el calentamiento mediante la adición de 2 gotas de ácido clorhídrico concentrado.

Solución patrón concentrada de hierro

Agregar lentamente y con agitación, 20 ml de ácido sulfúrico concentrado sobre 50 ml de agua destilada.

Disolver en la solución anterior, 1,404 g del reactivo sulfato ferroso amoniacal (FAS) ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Agregar a la mezcla gotas de una solución de permanganato de potasio (KMnO_4) 0.1 N lentamente y con agitación, hasta la aparición de un color rosado persistente.

Diluir con agua destilada y completar a volumen en una matraz aforado de 1 L. En esta solución 1 ml = 0.2 mg de Fe.



POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

La solución de llenado de los electrodos y las soluciones reguladoras necesarias, se deben adquirir directamente en el comercio, de la marca de confianza.

SULFATOS

Solución acondicionadora

Pesar 75 g del reactivo analítico cloruro de sodio (NaCl) y disolverlos en 300 ml de agua destilada.

Agregar a la solución anterior 30 ml de ácido clorhídrico concentrado (HCl) y 100 ml de alcohol etílico o isopropílico del 95 %.

Mezclar muy bien y adicionar finalmente 50 ml de glicerol.

Agitar hasta disolución completa.

Solución estándar de sulfatos

Diluir 10.41 ml de ácido sulfúrico estándar 0.02 N (ver alcalinidad), con agua destilada y completar a volumen en un matraz aforado de 100 ml. En esta solución 1 ml = 0.1 mg de SO_4 .

TURBIEDAD

Solución I - sulfato de hidracina al 1 %

Pesar en balanza analítica 1 g del reactivo analítico sulfato de hidracina $(\text{NH}_2)_2\text{S}_2\text{O}_8$.

Disolver en agua destilada y completar a volumen en un matraz aforado de 100 ml.

Solución II - hexametilentetramina al 10%

Pesar en balanza analítica 10 g del reactivo analítico hexametilentetramina $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$.

Disolver en agua destilada y completar a volumen en un matraz aforado de 100 ml.



MEZCLA SULFO-CROMICA

Medir 500 ml de agua destilada en un vaso de 1 L.

Añadir lentamente y con agitación constante, 250 ml de ácido sulfúrico concentrado, grado técnico.

Colocar el recipiente dentro de un baño de agua fría con hielo para enfriar la solución.

Adicionar 100 g de dicromato de potasio, grado *técnico* y *mezclar hasta disolución completa*.

Completar a un litro con agua destilada, enfriar y envasar en un frasco de vidrio ámbar con tapa de vidrio o plástico.

Descartar en pequeñas dosis cuando adquiera una coloración verdosa.

FÓRMULAS Y TÉCNICAS DE PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO

Caldo lactosa bilis verde brillante al 2% (Caldo brila)

Fórmula

Peptona de carne	10 gr
Lactosa	10 gr
Bilis de buey desecado	20 gr
Verde brillante	0.0133 gr

Preparación

disolver 40 gr/litro, distribuido en tubos de ensayo provistos de campana de Durham invertidos y esterilizar el autoclave.
PH: 7.2 ± 0.1.



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico

Anexo 2 DISEÑO ARQUITECTONICO DE UN LABORATORIO



TABLA DE CONTENIDO

DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE UN LABORATORIO DE AGUAS.....	165
TIPO A	166
TIPO B	167
TIPO C	168
DETERMINACIONES REALIZADAS POR CADA LABORATORIO	169
RELACIÓN DE EQUIPOS, REACTIVOS Y ELEMENTOS NECESARIOS PARA LOS LABORATORIOS TIPO A, TIPO B Y TIPO C.....	170
ÍNDICE GRÁFICO DE ALGUNOS APARATOS Y ELEMENTOS DE VIDRIO PARA ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICOS.....	175
ÍNDICE GRÁFICO DE ELEMENTOS DE VIDRIO PARA ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO.....	180
INSTRUMENTAL DE LABORATORIO PARA ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO.....	183



DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE UN LABORATORIO DE AGUAS

Los laboratorios de agua se clasifican en tres grupos de acuerdo a la población servida:

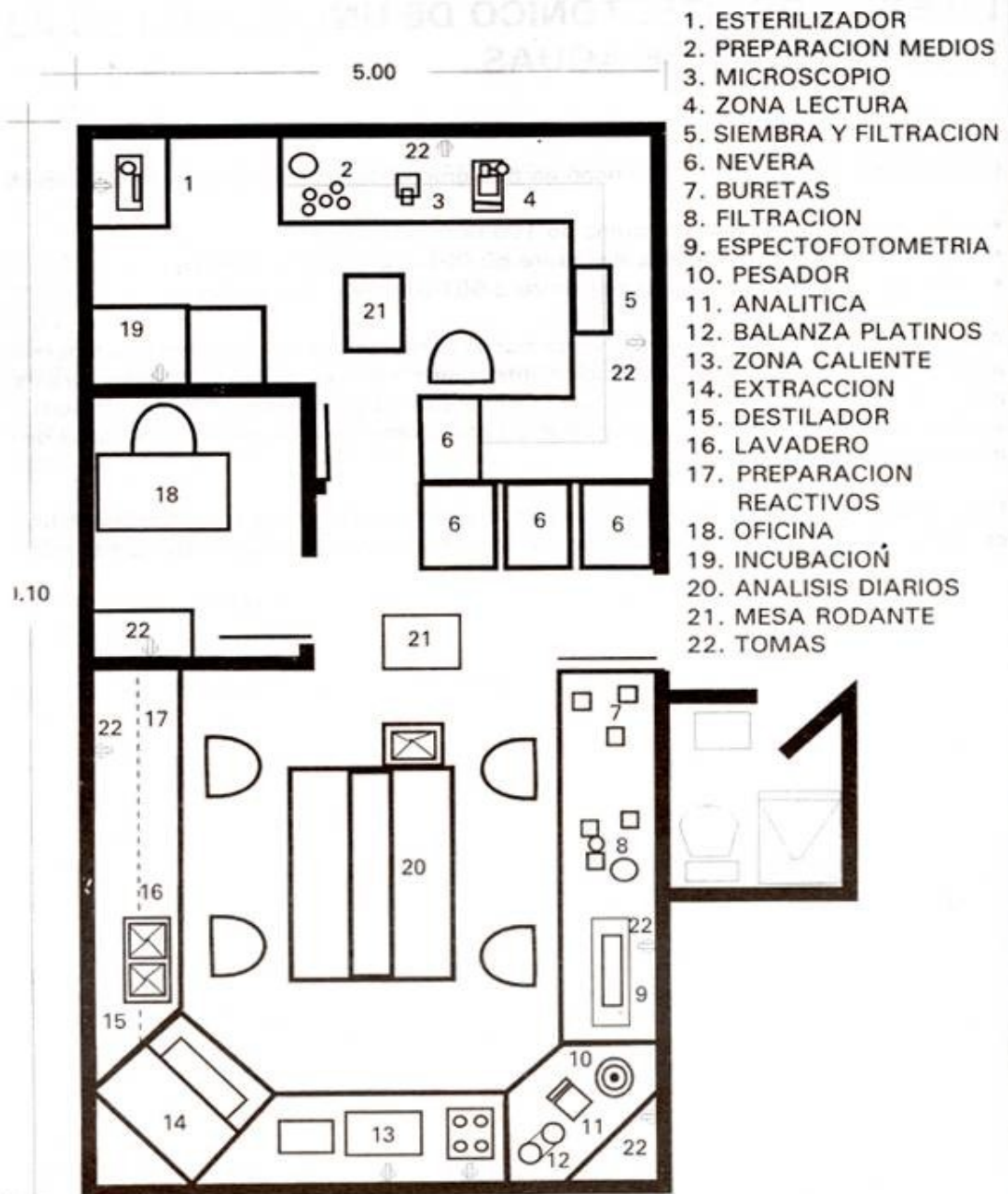
- Laboratorio tipo A, para sistemas de 100.000 habitantes
- Laboratorio tipo B, para sistemas entre 60.001 -100.000 habitantes
- Laboratorio tipo C, para sistemas entre 2.501 a 60.001 habitantes

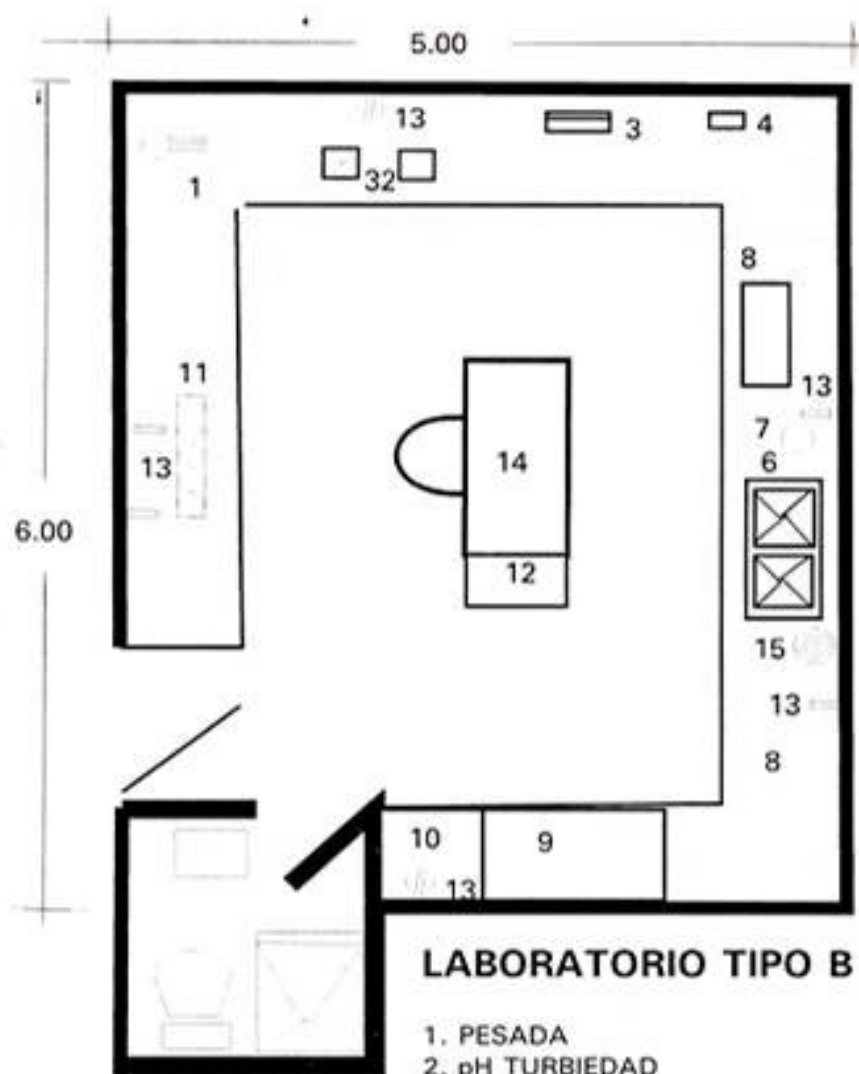
A continuación se presentan unos esquemas arquitectónicos en planta de tres laboratorios de agua que corresponden a la clasificación antes mencionada en donde la distribución e espacios, mesas de trabajo, contenido y ubicación de aparatos han sido dimensionados de acuerdo a los análisis que como mínimo deben realizarse para cumplir con los requisitos básicos de control de calidad del agua.

Estos esquemas pueden servir de base para el diseño definitivo de un determinado laboratorio de agua y se presentan a continuación únicamente como referencia de contenido mínimo, así:



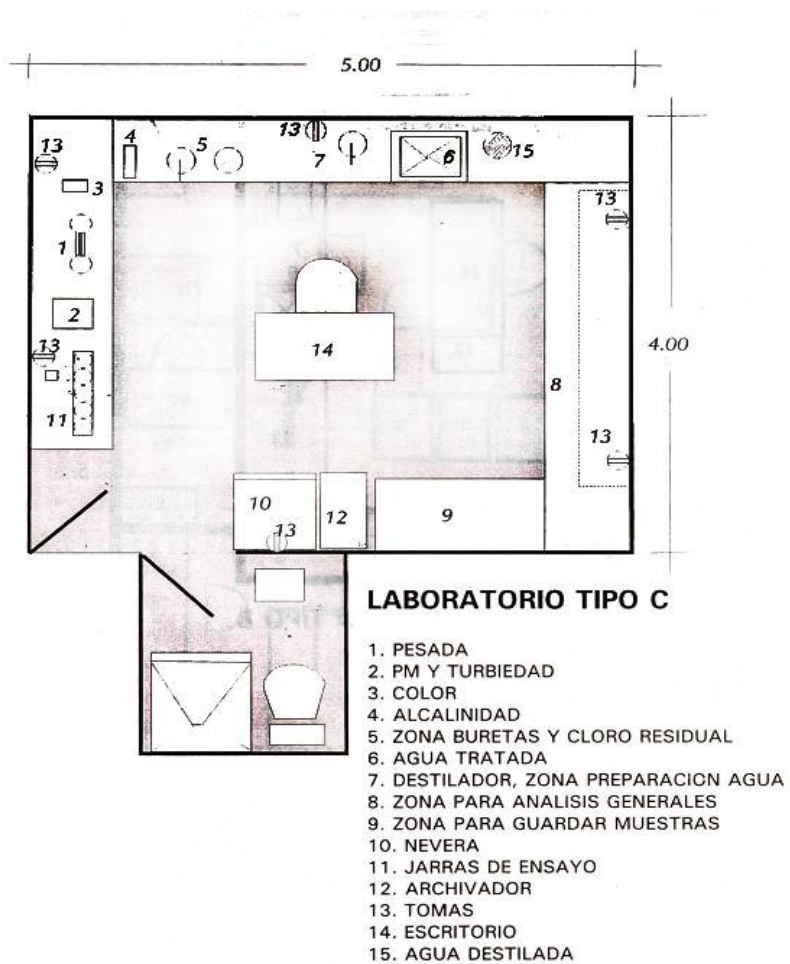
LABORATORIO TIPO A





1. PESADA
2. pH TURBIEDAD
3. COLOR
4. ALCALINIDAD
5. ZONA BURETAS Y CLORO RESIDUAL
6. AGUA TRATADA
7. DESTILADOR, ZONA PREPARACION AGUA
8. ZONA PARA ANALISIS GENERALES
9. ZONA PARA GUARDAR MUESTRAS
10. NEVERA
11. JARRAS DE ENSAYO
12. ARCHIVADOR
13. TOMAS
14. ESCRITORIO
15. AGUA DESTILADA





DETERMINACIONES REALIZADAS POR CADA LABORATORIO

LABORATORIO TIPO A

1. Temperatura
2. Turbidez
3. Color
4. Sólidos Totales
5. Sólidos Disueltos
6. Sólidos Suspendidos
7. Sólidos Sedimentables
8. Sólidos Fijos
9. Sólidos Volátiles
10. pH
11. Alcalinidad Total
12. Alcalinidad Hidróxidos
13. Alcalinidad Carbonatos
14. Alcalinidad Bicarbonatos
15. Dioxido de Carbono Disuelto
16. Estabilidad al Carbonato de Calcio
17. Dureza Total
18. Dureza Carbonatada
19. Dureza no Carbonatada
20. Calcio
21. Magnesio
22. Hierro
23. Manganeseo
24. Nitritos
25. Nitratos
26. Nitrógeno total Kjeldhal
27. Cloruros
28. Sulfatos
29. Flúor
30. Cloro *residual*
31. Aluminio
32. Oxígeno Disuelto
33. O₂
34. Conducta específica
35. D.Q.O
36. N.M.P.B Coli/100 ml
37. N.M.P.e Coli/100 ml
38. Ensayos de tratabilidad
39. Demanda de Cloro
40. Metales pesados
41. Pesticidas
42. Análisis de Sulfatos de Aluminio



LABORATORIO TIPO B

1, 2, 3, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 27, 28, 29, 30, 36, 37, 37, 39.

LABORATORIO TIPO C

1, 2, 3, 4, 10, 11, 17, 22, 30, 39.

RELACIÓN DE EQUIPOS, REACTIVOS y ELEMENTOS NECESARIOS PARA LOS LABORATORIOS TIPO A, TIPO B Y TIPO C.

No Descripción del Equipo	LABORATORIO		
	A	B	C
1. Termómetro de mercurio rango -10 a 110°C	4	2	1
2. Termómetro de mercurio rango -10 a 400°C	3	2	---
3. Turbidímetro Nefelométrico rango 0 a 1000 UNT. Sensibilidad 0.01 - 0.02 UNT	1	1	1
4. Patrones de Calibración para turbidímetro	1	1	1
5. Celdas para Turbidímetro	4	2	2
6. Tubos Nessler de 50 ml forma alta	84	60	18
7. Tapones de caucho para (6)	84	60	18
8. Gradilla de madera par tubos Nessler con base blanca	1	1	1
9. Lámpara fluorescente con cabina blanca reflectora	1	1	1
10. Centrífuga eléctrica velocidad máxima 5000 RPM	1	---	---
11. Tubos de centrífuga	12	---	---
12. Aququant color ref: Marca 14421	2	1	1
13. Cloroplantino de potasio	3 gr	1.5 gr	1.5 gr
14. Cloruro de Cobalto Hexahidratado	2 gr	1 gr	1 gr
15. Horno temperatura de 30 a 200°C	2	1	---
16. Mufla temperatura 30 a 200°C	1	---	---
17. Cápsulas de porcelana forma baja de 10 cm de diámetro	24	---	---
18. Crisoles de porcelana	6	---	---
19. Papel filtro Wathman 40 caja x 1000 unidades	24	---	---
20. Embudos en vidrio tallo largo de 10 cm de diámetro	12	---	---
21. Phmetro con electrodos, combinado para pH análogo portátil, sensibilidad 0.1 U.pH	1	1	1
22. Soporte embudos capacidad 6 puestos	1	---	---
23. Potenciómetro digital con electrodo combinado, sensibilidad 0.01 U. pH	1	---	---
24. Aquamerck determinación pH y kit	1	1	1
25. Titrisol Buffer pH 7.0 ampolleta par 1 lt	5	2	---
26. Idem pH 9.0	5	2	---
27. Idem pH 4.0	5	2	---
28. Agitador pequeño magnético	1	1	---
29. Bureta manual de 25 ml vidrio-Borosilicato	10	5	2
30. Bureta automática de 25 ml vidrio-Borosilicato	10	3	---
31. Fenolftaleína Sal Disódica	50 gr	25 gr	---
32. Etanol 95%	5 lt	2.5 l	2.5 l
33. Verde de Cromocresol sal disódica	5 gr	2 gr	2 gr
34. Rojo de metilo	5 gr	2 gr	2 gr
35. Titrisol ácido sulfúrico 0.1 N ampolleta	10	5	2
36. Aquameck alcalinidad kit	2	1	1
37. Frascos plásticos gotero	10	5	2
38. Titrisol titriplex solución A ampolleta	10	5	2



No	Descripción del Equipo	A	B	C
39.	Pastillas dureza total frasco x 1000 unidades	1	1	1
40.	Amóniaco	5 lt	2 lt	1 lt
41.	Murexida	5 lt	2 lt	5 gr
42.	Agitador magnético velocidad variable máxima. 200 RPM con superficie calefactor	1	1	1
43.	Carbonato de Calcio	250 gr	---	---
44.	Aquamerk dureza total kit	2	1	1
45.	Espectrofotómetro ultravioleta visible, microprocesador de doble haz con lectura en longitud de onda, absorbancia, porcentaje y de transmitencia	1	---	---
46.	Celda para (45) pares	4	---	---
47.	Ácido Clorhídrico concentrado	5 lt	5 lt	---
48.	Acetado de Amonio	2 kg	1 kg	---
49.	Acetato de Sodio	2 kg	1 kg	---
50.	Fenantrolina	20 gr	10 gr	---
51.	Sulfato ferroso amoniaco	20 gr	10 gr	---
52.	Permanganato de potasio	250 gr	250 gr	---
53.	Clorhidrato de Hidroxilamina	100 gr	100 gr	---
54.	Tubos Nesler de 100 ml, aforado, forma baja	72	36	---
55.	Sulfato de Mercurio	300 gr	---	---
56.	Ácido Nítrico concentrado	5 lt	---	---
57.	Aquaquant Hierro y kit	2	1	1
58.	Ácido fosfórico	1 lt	---	---
59.	Nitrato de plata	4 gr	---	---
60.	Persulfato de Amonio	1 kg	---	---
61.	Oxalato de Sodio	1 kg	---	---
62.	Bisulfato de Sodio	50 gr	---	---
63.	Manganeso metálico	50 gr	---	---
64.	Peróxido de Hidrógeno	2 lt	---	---
65.	Ácido Sulfúrico concentrado	5 lt	2.5 lt	---
66.	Nitrito de Sodio	25 gr	---	---
67.	Crisol Gooch	4	---	---
68.	Sulfanilamina	200 gr	---	---
69.	N-(1-Naftil)-Etilendiamina Dihidrocloreto	20 gr	---	---
70.	Cloroformo	1 lt	---	---
71.	Nitrato de Potasio	250 gr	---	---
72.	Titrisol ácido clorhídrico 1 N ampollito	5	---	---
73.	Urea	250 gr	---	---
74.	Sulfito de Sodio	250 gr	---	---
75.	Amonio metálico	50 gr	---	---
76.	Ácido cromotrópico	50 gr	---	---
77.	Carbón activado	500 gr	---	---
78.	Embudo Buchner	6	---	---
79.	Filtro de membrana 0.45 um	2	---	---
80.	Conjunto de filtración para vacío	1	---	---
81.	Bomba vacío p=60 psi vac=24 inhg	1	---	---
82.	Pastillas kajeldhal caja 250 unid	1	---	---
83.	Ácido bórico	100 gr	---	---
84.	Azul metileno	100 gr	---	---
85.	Negro de Selenio	50 gr	---	---
86.	Titrisol Nitrato de Plata 0.1 ampollitas	5	---	---
87.	Cloruro de Sodio	250 gr	---	---
88.	Cromato de Potasio	250 gr	---	---
89.	Sulfato de Aluminio y Potasio	250 gr	---	---
90.	Hidróxido de Amonio	5 lt	1 lt	1 lt
91.	Glicerina	1 lt	---	---
92.	Cloruros de Bario	250 lt	---	---



No	Descripción del Equipo	A	B	C
93.	Sulfato de Sodio	250 lt	---	---
94.	Cronómetro	1	1	1
95.	Fluoruro de Sodio	250 gr	---	---
96.	Reactivo de Spands	2 lt	---	---
97.	Cloruro de Zirconio 1	50 gr	---	---
98.	Arsenito de Sodio	250 gr	---	---
99.	Aquamerck cloro residual y kit	3	2	1
100.	Aluminio metálico	50 gr	---	---
101.	Ácido Ascorbico	100 gr	---	---
102.	Acetato de Sodio	250 gr	---	---
103.	Ácido acético	1 lt	---	---
104.	Solochrome cyanine R-200	20 gr	---	---
105.	Equipo para Nitrógeno Kjeldhal	1	---	---
106.	Equipo medidor de Oxígeno disuelto	1	---	---
107.	Botellas para D.B.Q de 300 ml	68	---	---
108.	Incubadora para D.B.Q	1	---	---
109.	Conductímetro	1	---	---
110.	Set de vidriería para D.B.Q	1	---	---
111.	Horno/Incubadora	2	---	---
112.	Autoclave industrial automático	1	---	---
113.	Nevera de 21 pies	1	---	---
114.	Autoclave capacidad 20 lt	0	1	---
115.	Nevera de 8 pies	---	1	---
116.	Tubos para bacteriología tapa roscada, grandes	600	300	---
117.	Tubos para bacteriología tapa roscada, pequeños	1.200	600	---
118.	Bujía Druham grandes	600	300	---
119.	Bujía Druham pequeña	1.200	600	---
120.	Canastilla de alambre	12	6	---
121.	Gradilla capacidad 40 tubos	12	6	---
122.	Azas bacteriológicas	38	24	---
123.	Frascos muestras bacteriológicas tapa rosca azul 100 ml	300	100	---
124.	Algodón Hidrófobo	5 lb	2 lb	---
125.	Alcohol industrial	5 lt	2 lt	---
126.	Mechero de Alcohol	2	1	---
127.	Mechero de gas	1	---	---
128.	Caldo lactoso	2 kg	1	---
129.	Bilis verde brillante	2 kg	1	---
130.	Agar Endo	2 kg	1 kg	---
131.	Lápices vidrio-grape	5	2	---
132.	Cajas Petri pequeñas	250	100	---
133.	Equipo floculación	5	1	1
134.	Jarras Hudson	12	---	---
135.	Jeringas desechables	100	50	50
136.	Flotador de Icopor	12	6	6
137.	Beacker de 2 lt	48	24	12
138.	Beacker de 1 lt	24	12	6
139.	Beacker de 500 ml	12	6	3
140.	Beacker de 250 ml	100	50	25
141.	Beacker de 100 ml	100	50	25
142.	Beacker de 50 ml	20	10	5
143.	Erlenmeyer con tabuladora lateral de 1 lt	12	---	---
144.	Erlenmeyer con tabulador lateral de 50 ml	6	---	---
145.	Probetas de 2 litros	4	4	1
146.	Probetas de 1 litros	12	3	3



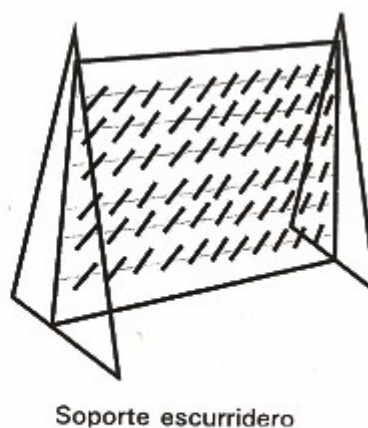
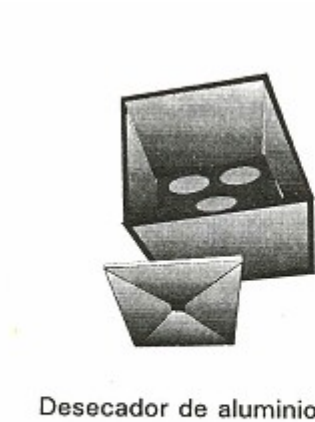
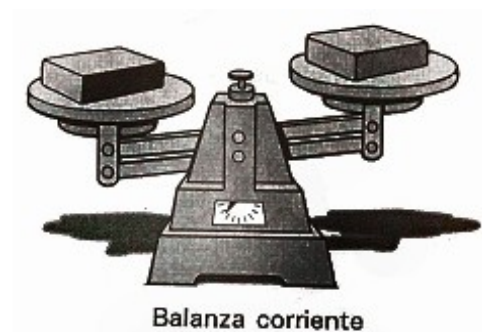
No	Descripción del Equipo	A	B	C
147.	Probetas de 500 ml	12	3	3
148.	Probetas de 250 ml	12	3	3
149.	Probetas de 100 ml	24	6	6
150.	Baño María mediano	1	---	---
151.	Balanza analítica eléctrica 160 gr	1	1	---
152.	Balanza de pesas deslizables 2000 gr	1	1	1
153.	Destilador de agua de galones hora	1	1	1
154.	Desmineralizador de agua	1	---	---
155.	Agitador de tamices	1	---	---
156.	Tamices del No.4 al No. 100 juego	2	---	---
157.	Papel de filtro cuantitativo caja de 100 unidades	5	2	---
158.	Balón aforado de 2 litros	6	1	---
159.	Balón aforado de 1 litro	24	6	1
160.	Balón aforado de 500 ml	24	6	1
161.	Balón aforado de 250 ml	24	6	1
162.	Balón aforado de 100 ml	12	3	1
163.	Balón aforado de 50 ml	12	3	1
164.	Balón aforado de 25 ml	12	3	1
165.	Frascos para reactivos vidrio claro de 2 litros	20	10	6
166.	Frascos para reactivos vidrio claro de 1 litro	100	50	6
167.	Frascos para reactivos vidrio claro de 500 ml	50	25	6
168.	Frascos para reactivos vidrio claro de 250 ml	50	25	6
169.	Frascos para reactivos vidrio claro de 100 ml	25	12	6
170.	Frascos para reactivos vidrio claro de 50 ml	12	6	---
171.	Frascos para reactivos vidrio ámbar de 2 litros	100	10	6
172.	Frascos para reactivos vidrio ámbar de 1 litro	50	5	6
173.	Frascos para reactivos vidrio ámbar de 250 ml	50	25	6
174.	Frascos para reactivos vidrio ámbar de 100 ml	25	12	6
175.	Frascos para reactivos vidrio ámbar de 50 ml	12	6	---
176.	Varilla de vidrio para agitación	10 m	5m	1m
177.	Soporte universal	2	1	1
178.	Pinzas dobles para buretas	8	4	2
179.	Pinzas para Erlenmeyer	6	3	---
180.	Pinzas para Beacker	6	3	---
181.	Pinzas para Crisoles	6	3	---
182.	Pinzas para Cápsulas	6	3	---
183.	Pinzas para Mohor	6	3	---
184.	Frasco lavador plástico de 500 ml	3	2	1
185.	Frasco lavador plástico de 250 ml	3	2	1
186.	Barras magnéticas medianas	12	6	2
187.	Canasta transportadora de muestras	2	1	1
188.	Neveras de Isopor	4	2	1
189.	Peras para Pipeta	5	2	---
190.	Cabina de reflejo laminar	1	---	---
191.	Peras para Buretas	24	6	2
192.	Cajas esterilizadoras de pipetas	5	2	---
193.	Microscopio binocular eléctrico	3	1	---
194.	Desecador de vidrio mediano	4	2	---
195.	Estabilizador de corriente	2	2	1
196.	Gradilla para pipetas	3	2	1
197.	Gradilla para Erlenmeyer	3	2	1
198.	Gradilla para Beacker	3	2	1
199.	Gradilla para Embudos	3	2	1
200.	Láminas para microscopio	30	20	---



No	Descripción del Equipo	A	B	C
201.	Laminillas para microscopio	30	20	---
202.	Densímetro	1	1	1
203.	Garrafas de un galón	100	50	10
204.	Garrafas de cinco galones	20	20	5
205.	Pipetas aforadas de 100 ml	10	2	---
206.	Pipetas aforadas de 50 ml	25	6	---
207.	Pipetas aforadas de 25 ml	25	6	---
208.	Pipetas aforadas de 10 ml	25	6	---
209.	Pipetas aforadas de 5 ml	25	6	---
210.	Pipetas aforadas de 4 ml	25	6	---
211.	Pipetas aforadas de 3 ml	25	6	---
212.	Pipetas aforadas de 2 ml	25	6	---
213.	Pipetas aforadas de 1 ml	25	6	---
214.	Pipetas graduadas de 10 ml	300	100	20
215.	Pipetas graduadas de 5 ml	100	20	10
216.	Pipetas graduadas de 1 ml	300	100	20
217.	Pipetas graduadas de 0.1 ml	300	100	20
218.	Micropipetas de 1 ml	6	---	---
219.	Micropipetas de 2 ml	6	---	---
220.	Microburetas de 1 ml	2	---	---
221.	Microburetas de 2 ml	2	---	---
222.	Microburetas de 5 ml	2	---	---
223.	Tiosulfato de Sodio de 1 kg	1 kg	500 kg	---
224.	Tiosulfato de Sodio 0.1 normal	6	3	---
225.	Ioduro de Potasio	500 gr	250 gr	---
226.	Almidón	500 gr	250 gr	---
227.	Hipoclorito de Calcio	1 kg	500 gr	---
228.	Equipo de Adsorción atómica con lámparas y reactivos completos para determinación de metales pesados	1	---	---
229.	Cromatógrafo de gases con detector de capturas de electrones y fotómetros de llama para determinación de pesticidas	1	---	---
230.	kit de seguridad para protección personal	1	1	1



ÍNDICE GRÁFICO DE ALGUNOS APARATOS Y ELEMENTOS DE VIDRIO PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS





Cacerola de porcelana



Plato de vaporación



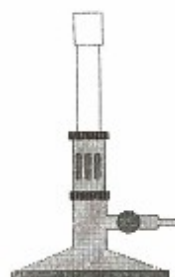
Mortero



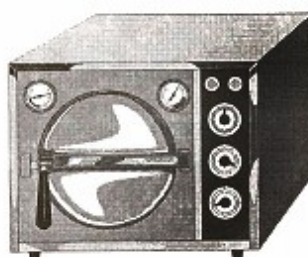
Medidor de pitillo



Mechero de Bunsen



Mechero de Fischer



Horno eléctrico





Pinzas para tubos



Pinzas par beakers



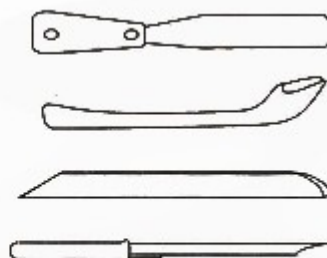
Lámpara infraroja
para secador



Comparador de color de disco



Cronómetro

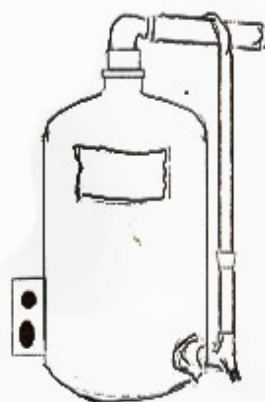


Espátulas



Fotómetro Hellige

Desmineralizador



Unidad de agua destilada

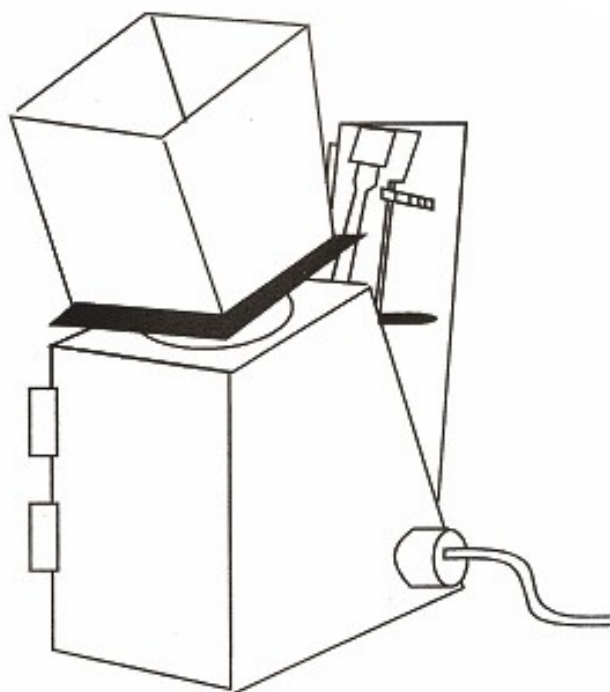




Tipo Jackson con llama



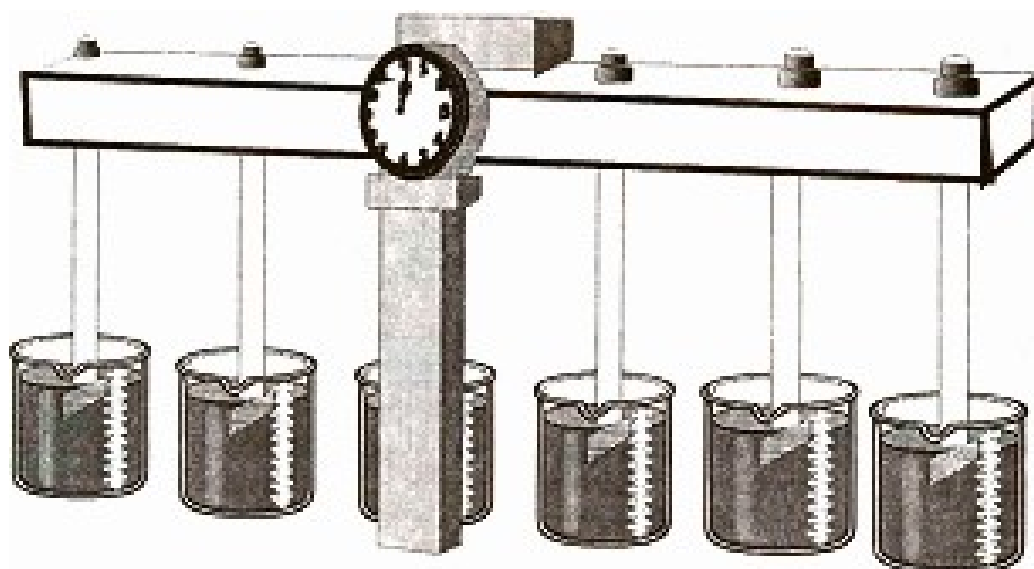
Tipo Baylis



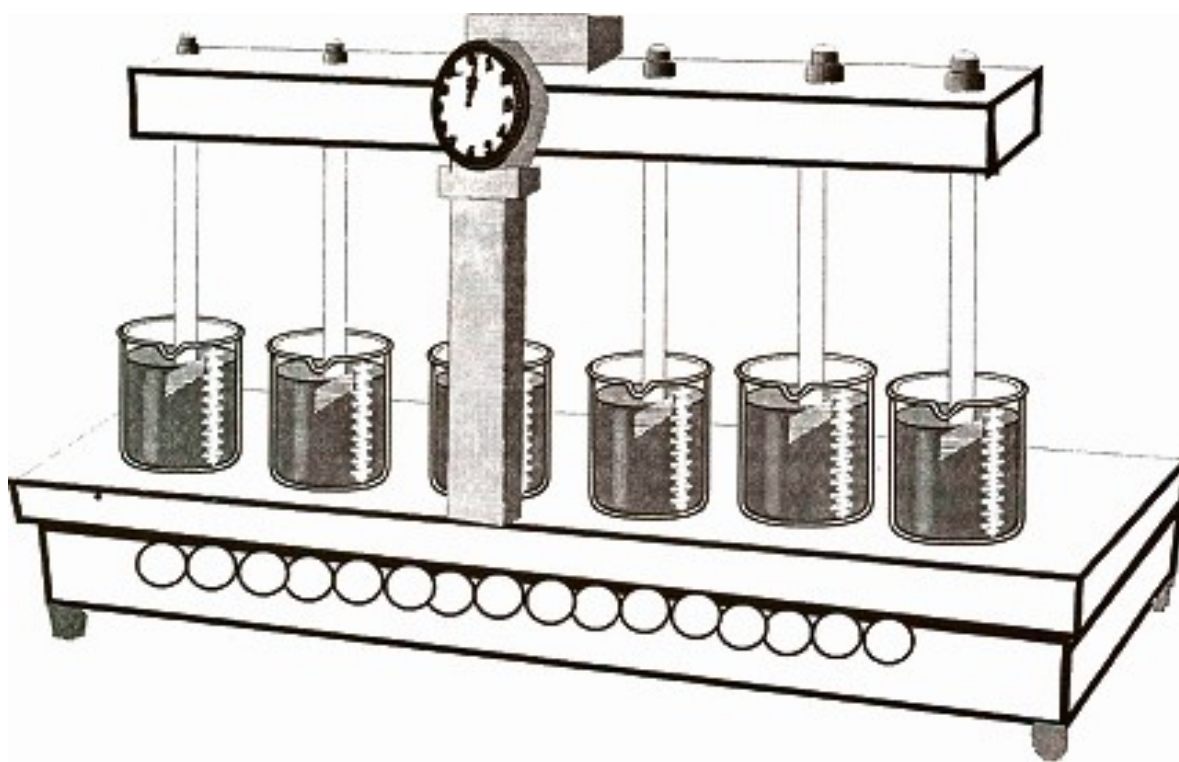
Tipo Hellie



Aparato de jarras



Agitador múltiple



Aparato completo con base iluminada



ÍNDICE GRÁFICO DE ELEMENTOS DE VIDRIO PARA ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO



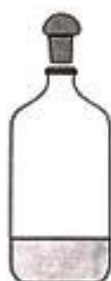
Botella para muestras de campo



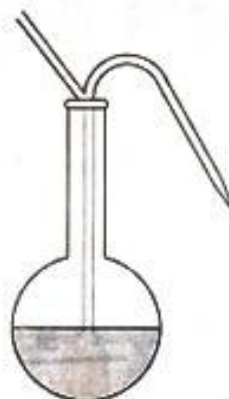
Botella de laboratorio



Botella plástica de laboratorio



Botella para análisis de BOD



Botella de lavado



Gotero

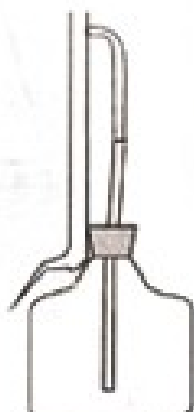


Buretas con soporte



Bureta automática





Bureta automática con
botella de polietileno



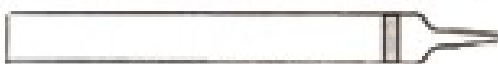
Frasco volumétrico



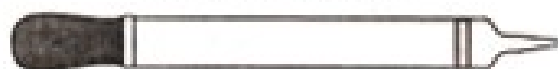
Cilindro graduado



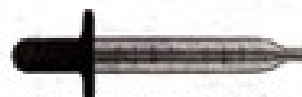
Pipeta de transferencia volumétrica.



Pipeta de medida



Pipeta de gotero



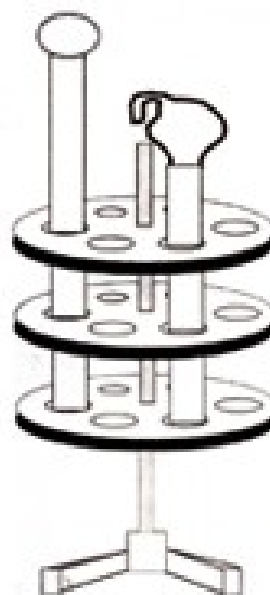
Gotero medicinal.



Pipeta de seguridad

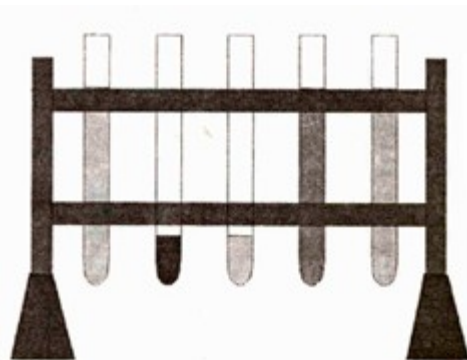


Pipeta automática

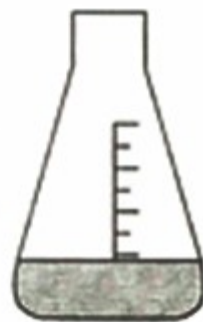


Soporte para pipetas

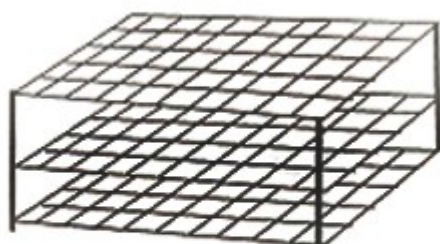




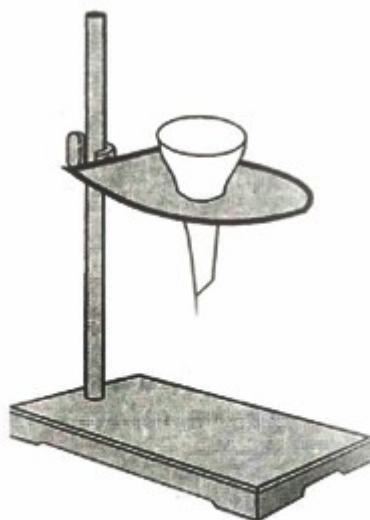
**Tubos Nessler de forma
alargada con soporte**



**Frasco Erlenmeyer
con cuello ancho**



Soporte par tubos



**Embudo para filtro
con su soporte**



**Tubos para pruebas de
filtración con lana de vidrio**



**Mezclador de vidrio y
bolas de vidrio**



Papel filtro



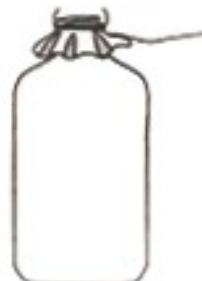
INSTRUMENTAL DE LABORATORIO PARA ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO



Botella de muestras con
tapa roscada



Botella condilución



Botella de muestras con
tapa de vidrio esmerilado
y capa protectora



Tubo de fermentación con
tapa roscada



Lupa



Caja de Petri



Inoculador



Aguja de inoculación

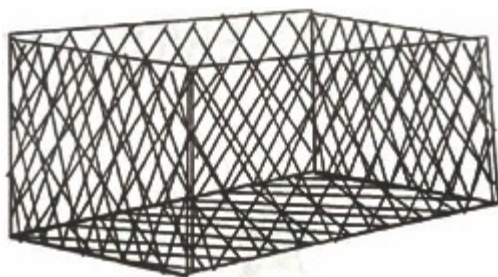


Caja para pipetas

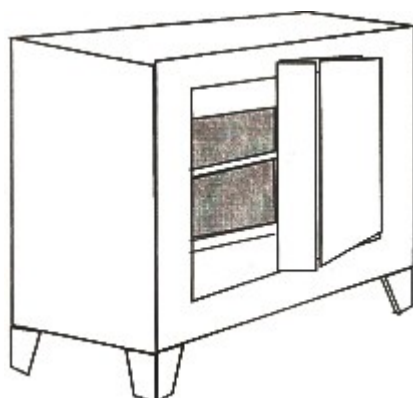


Hidroaspirador

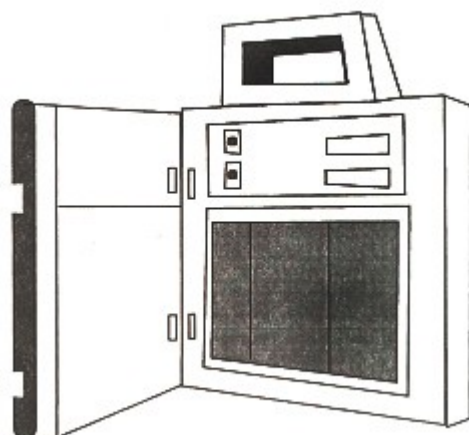




Canasta para tubos de fermentación



Esterilizador de aire caliente



Incubadora



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico

Anexo 3 FUNDAMENTOS TECNICOS



TABLA DE CONTENIDO

UNIDADES DE MEDIDA.....	187
SISTEMA MÉTRICO DECIMAL	187
MEDIDA DE LONGITUD (L)	187
MEDIDA DE SUPERFICIE (S)	188
MEDIDA DE VOLUMEN (V)	189
EQUIVALENCIA DE LAS MEDIDAS DE CAPACIDAD Y LAS DE VOLUMEN	190
MEDIDAS DE PESO	191
MEDIDAS DE TIEMPO	191
ALGUNOS CONCEPTOS FÍSICOS	192
VELOCIDAD (V)	192
CAUDAL (Q)	192
PERIODOS DE RETENCIÓN	193
PRESIÓN	193
NOCIONES DE HIDRÁULICA	194
PRESIÓN DE AGUA EN REPOSO	194
AGUA EN MOVIMIENTO	194
ECUACIÓN DE CONTINUIDAD	195
TEOREMA DE BERNOULLI	195



UNIDADES DE MEDIDA

En este anexo se presentan las unidades de medida aplicadas a plantas de tratamiento, las cuales son de utilidad para comprender algunos conceptos que se tratan en otros capítulos del curso.

Se recomienda realizar ejercicios que permitan desarrollar la destreza necesaria aplicable a la función específica del participante.

SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

El sistema métrico decimal es el adoptado por el estado colombiano como unidad de medida.

MEDIDA DE LONGITUD (L)

Longitud, es la distancia entre dos puntos. La unidad de longitud es el metro definido como la diezmillonésima parte de la longitud que hay entre el Polo Norte y el Ecuador. Los múltiplos y submúltiplos del metro aumentan y disminuyen de diez en diez.

MÚLTIPLOS:

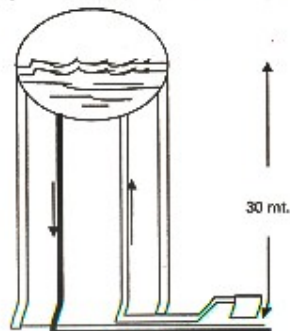
1 Kilómetro Km.	=	1000 metros
1 Hectómetro Hm	=	100 metros
1 Decámetro Dm	=	10 metros

SUBMÚLTIPLOS

1 Decímetro	dm	=	1/10 (0.1)	metros
1 Centímetro	cm	=	1/100 (0.01)	metros
1 Milímetro	mm	=	1/1000 (0.001)	metros

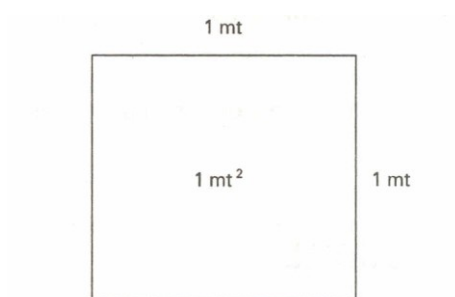
EN EL SISTEMA INGLES

1 Pulgada	=	2.5	Centímetros
1 Pie	=	30.5	Centímetros
1 Milla	=	1609	metros = 1.6 Kms.

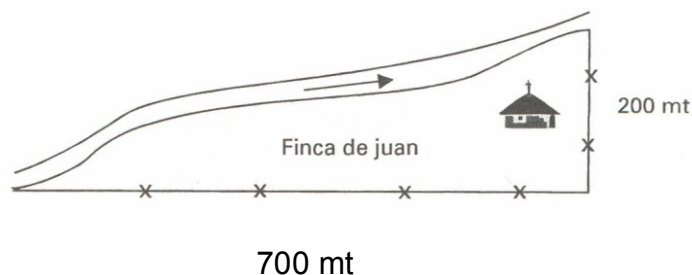


MEDIDA DE SUPERFICIE (S)

Superficie es la extensión en la cual solo se consideran sólo dos dimensiones. La unidad básica es el METRO CUADRADO (m^2).



1 M es un cuadrado que tiene un metro (1 M) de lado.



1 HECTAREA (Ha) = 100 mts x 100 mts = M = 10000 m

1 DECÍMETRO CUADRADO (dm) = 0.1 mts x 0.1 mts = 0.01 mts²

1 CENTÍMETRO CUADRADO (CM)) = 0.01 m x 0.01 m = 0.0001 M 2

1 FANEGADA (FGDA) O CUADRA es una medida de superficie Española que equivale a un cuadrado de 80 m x 80 m = 6400 m y se usa en la medida de fincas.
1 FGDA = 0.64 Ha.



Ejemplo:



En la planta de agua potable de su localidad verifique *las* dimensiones de:

Cámara de mezcla rápida	Floculadores
Largo = _____ m Ancho = _____ m Altura = _____ m Altura útil = _____ m	Largo = _____ m Ancho = _____ m Altura = _____ m Altura útil = _____ m
Sedimentadores	Filtros
Largo = _____ m Ancho = _____ m Altura útil = _____ m	Largo = _____ m Ancho = _____ m Altura total = _____ m Altura desde el falso fondo = _____ m

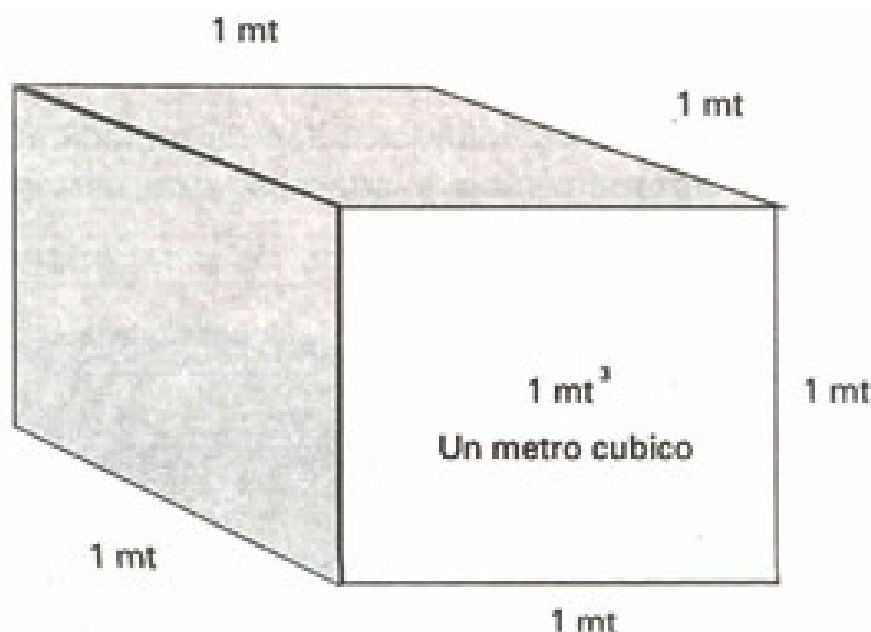


MEDIDA DE VOLUMEN (V)

VOLUMEN es el espacio ocupado por un cuerpo cualquiera. La unidad de medida es el METRO CUBICO (m^3). Un metro cúbico (m^3) es un cubo que tiene un metro de lado.

VOLUMEN es sinónimo de CAPACIDAD y la unidad es el litro.

Ejemplo: Calcular el volumen de su planta de tratamiento o tanque, siempre y cuando tengan una figura regular semejante a un cubo o a un paralelepípedo



1 mt Para el caso de su localidad, de acuerdo con las dimensiones registradas anteriormente tendríamos:

Volumen útil (considerando solo la altura útil) de la cámara de mezcla rápida, de floculador, del sedimentador, de los tanques:

$V = \text{Volumen} = \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{altura útil}$.

En los filtros la determinación más importante, para nuestro caso es el área filtrante.

los volúmenes los utilizaremos luego para calcular los períodos de retención, o sea el tiempo medio que se demora el agua en cada unidad.

Estas, las medidas de CAPACIDAD y VOLUMEN, por pertenecer al Sistema métrico decimal aumentan y disminuyen de diez en diez. los principales múltiplos y submúltiplos del LITRO y su equivalencia con el mt^3 son:



1 Kilólitro	= 1000 lts	= 1000 dc ³
1 Hectólitro	= 100 lts	
1. Decálitro	= 10 lts	
1 Litro	= 1 decímetro cúbico	
1 decilitro	= 0.1 lts	
1 centilitro	= 0.01 lts	
1 mililitro	= 0.001 lts = 0.001 dm ³	= 1 centímetro cúbico

En sistema ingles de capacidad:

1 Galón	= 3,785 lts
1 Caneca	= 55 galones = 208 litros
1 barril petrolero	= 42 galones = 159 litros

EQUIVALENCIA DE LAS MEDIDAS DE CAPACIDAD Y LAS DE VOLUMEN

Partiendo de la base de que 1 litro = 1 dm³, tenemos que:
m³ = 1.000 litro (1)

Por otro lado, como 1 cm³ es igual a la milésima parte de 1 dm³ tenemos que: 1 cm³ = 1 mililitros (ml)

Estas dos relaciones entre las unidades de volumen y las de capacidad son muy importantes en la operación de plantas de potabilización y además, nos servirán para deducir otras equivalencias.



1 litro



1 Caneca tiene
55 galones
208 litros



MEDIDAS DE PESO

PESO es el resultado de la acción que ejerce la gravedad sobre un cuerpo. La unidad básica es el sistema decimal es el gramo (gr).

El gramo se define como el peso de un centímetro cúbico de agua destilada a la temperatura de 4 grados centígrados (4 °C).

Como $1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ litro}$, entonces tenemos que 1 litro de agua pesa 1000 gr, o sea que:

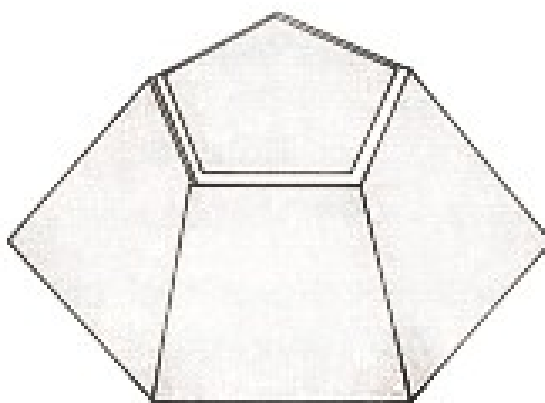
Un litro de agua pesa un Kilogramo.

Los múltiplos y submúltiplos de las medidas de peso son:

1 Tonelada métrica (Tg)	1000 Kilogramos
1 Kilogramo (Kg)	1000 gramos
1 decigramo (dg)	0.1 gramos
1 centigramo (cg)	0.01 gramos
1 miligramo (mg)	0.001 gramos

De aquí también se concluye que un metro cúbico de agua pesa 1 tonelada.


1 Gramo



1 Kilo

MEDIDAS DE TIEMPO

El TIEMPO mide la duración de los fenómenos. La unidad más usada como medida de los intervalos de tiempo es el Día. Para medir intervalos menores se usa la hora, el minuto y el segundo.

Las medidas de tiempo no siguen el sistema decimal.

El Día es el intervalo de tiempo transcurrido durante una revolución de nuestro planeta tierra alrededor de su eje.



La tierra gira alrededor del sol en una órbita elíptica haciendo 365 y $\frac{1}{4}$ rotaciones al rededor de su eje en un recorrido total de la órbita.

Se llama año a la duración del fenómeno anterior y por eso un año tiene 365 días. Cada 4 años se compensa con un día adicional el cuarto $\frac{1}{4}$ de rotación acumulado, añadiendo un día al mes de febrero. Ese año es el bisiesto.

Un día tiene 24 horas, 1 hora tiene 60 minutos y un minuto tiene 60 segundos, o sea que un día tiene: 86.400 segundos.



ALGUNOS CONCEPTOS FÍSICOS

VELOCIDAD (V)

Se dice que un cuerpo se mueve cuando cambia de posición con respecto a otro que se toma como referencia y se llama velocidad al cociente entre la distancia recorrida y el tiempo que tarda un cuerpo el recorrerla.

$$\text{VELOCIDAD} = \frac{\text{Longitud}}{\text{Tiempo}}$$

CAUDAL (Q)

Es la cantidad de agua medida en unidades de volumen que pasa por la sección transversal de un caudal, un río, o por una tubería en la unidad de tiempo. La unidad de volumen generalmente se expresa en m³ o en litros y el tiempo en segundos, hora o día.

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \frac{\text{Largo x ancho x Alto}}{\text{Tiempo}}$$

Ejemplo:

La forma más elemental y práctica de medir el caudal de una corriente es observando en cuanto tiempo llena un depósito. Así tendríamos, llamando V al volumen:

$$\frac{v}{t} = Q$$

Si un tanque de 10 m³ se llena en 100 segundos, el caudal promedio será de:

$$\frac{v}{t} = \frac{10 \text{ m}^3}{100 \text{ seg.}} = 0.1 \text{ m}^3 / \text{seg.} = 100 \text{ l/seg.}$$

Si recordamos que V = m x m x m: La fórmula anterior, que nos da el caudal en función del volumen y el tiempo, podría escribirse dimensionalmente (considerando solo las dimensiones).

$$\frac{\text{m} \times \text{m} \times \text{m}}{t} = q$$

y el primer miembro de esta igualdad puede escribirse o separarse en dos partes.

$$\text{m} \times \text{m} \times \frac{\text{m}}{t} = Q$$



Pero sabemos que m^2 es la medida de una superficie o área (A) y m/t es la medida de una velocidad (V), de manera que la fórmula para hallar el caudal puede ser:

$$Q = A \times V$$

De manera que el caudal también se podría deducir si midiéramos la descarga específica o velocidad media con que el agua pasa por una sección cuya superficie podemos determinar al medir sus dimensiones.

Recíprocamente, si conocemos el caudal que pasa y el área de la sección, podremos deducir la velocidad media que tendrá el agua en esta parte de la planta por la siguiente fórmula:

$$V = Q/A$$

La velocidad media horizontal del agua en los sedimentadores de la planta de Cajamarca (Perú), cuyas dimensiones son 8,7 m de ancho por 2,5 m de altura útil ($8,7 \times 2,5 = 21,75 \text{ m}^2$) sería:

$$V_H = 0,060/21,75 = 0,00275 \text{ m/seg (Aproximadamente).}$$

$$\text{o sea } 2,75 \text{ mm/seg}$$

Nótese que para el caudal usamos 0,060 que es equivalente a m^3/seg a 60 Lts/seg ya que cada metro cúbico tiene 1000 litros.

Cuando se esté lavando uno de los sedimentadores, habrá que pasar todo el caudal por el otro y en este caso tendremos:

$$V_H = 0,120/21,75 = 0,0055 \text{ m/seg}$$

Nota: Observe que hablamos de velocidad media esto se debe a que la velocidad del agua cercana a las paredes del ducto es menor que la de la que está lejos de éstas.

PERIODOS DE RETENCIÓN

Es el tiempo medido que demora el agua entre la entrada y la salida de una unidad de tratamiento por ejemplo un floculador, un mezclador, sedimentador de una planta, El método común de determinarlo es cronometrando el tiempo que



demora el agua en llenar el depósito o unidad. Pero esto puede demorar mucho tiempo. El Período de retención se puede calcular dividiendo el volumen entre el caudal:

$$T = \frac{V}{Q}$$

PRESIÓN

La presión se ha definido como el peso por unidad de superficie. La unidad más usual es el kilogramo/cm², la cual equivale a una columna de agua de 10 metros de altura.

NOCIONES DE HIDRAULICA

El comportamiento hidráulico del agua se realiza bajo dos principios:

- 1.EL FLUJO LIBRE (a gravedad) como la que corre por los ríos, canales y alcantarillado siguiendo la pendiente de sus cauces.
- 2.PRESIÓN como la que conducen las tuberías de los acueductos en donde el líquido presiona por igual las paredes interiores de estas.

Algunas de las teorías que explican el comportamiento del agua en reposo o en movimiento, son:

PRESIÓN DE AGUA EN REPOSO.

El agua es un fluido que adopta la forma del recipiente que lo contiene y por tanto el líquido se halla en contacto con sus paredes evitando que este fluya, es decir, soportando el esfuerzo que el agua hace para salirse, lo cual hace que las paredes del recipiente se hallen sometidas a una presión.

Esta presión actúa en todo sentido y es igual para todos los puntos situado en un mismo plano horizontal y es directamente proporcional a la profundidad, de acuerdo a la fórmula:

$p = h \times t$ en donde:

p = Presión medida en g/cm²

h = Altura medida en metros

t = Peso específico del agua que es igual como ya dijimos a 1 ton/m.³



Ejemplo:

Calcular la presión en el fondo de un tanque cilíndrico lleno de agua, que tiene de base 20 mts de Diámetro y una Altura de 4 mts, el Peso específico del agua es 1 ton/m³ •

$$p = h \times t \text{ entonces } p = 4\text{m} \times 1 \text{ ton/m}^3 = 4 \text{ ton/m}^3 = 0.4 \text{ Kg/cm}^3$$

Cuando se ponen en comunicación cierto número de recipientes de distintas formas, por debajo del nivel del agua, se observa que el líquido alcanza un mismo nivel en todos ellos. Esto nos demuestra que la presión que ejerce un líquido depende únicamente de la profundidad por debajo de la superficie del líquido y no de la forma o tamaño de los embalses o del fondo de estos, como en el caso del tanque del ejemplo anterior. Es decir a igual profundidad, igual presión y el sistema, por consiguiente, se halla en equilibrio.

AGUA EN MOVIMIENTO

Cuando el agua se halla en movimiento, cada una de las partículas describe una trayectoria llamada línea de flujo que es seguida por toda la masa de partículas y se denomina corriente del agua, o flujo. Luego las líneas de flujo caracterizan a la corriente del agua en movimiento.

Cuando estas líneas de flujo son rectilíneas y tienen la misma velocidad al pasar por un punto, es decir siguen la trayectoria perfectamente definida y no se entrecruzan unas con otras se dice que el agua sigue un régimen LAMINAR o TRANQUILO.

Un ejemplo es el caso del agua en un canal de sección uniforme desplazándose a una velocidad moderada o el del agua a presión dentro de una tubería de conducción sin accesorios que perturben su movimiento.

Cuando la velocidad del agua es muy alta o encuentra en su camino rugosidad, curvas bruscas, obstáculos o fuerzas que originan un desorden en las líneas de flujo dando lugar a la formación de torbellinos y turbulencia, se dice que el agua sigue un régimen TURBULENTO.

Por ejemplo, el movimiento del agua entre las piedras de un río de montaña o el agua en una tubería a presión cuando pasa por la lenteja de una válvula mariposa a medio cerrar.



ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

Si por un tubo pasa en forma constante un determinado caudal de agua, la velocidad con que circule será constante mientras la sección del tubo sea igualmente constante. Si la sección del tubo disminuye, la velocidad del agua aumenta y viceversa. Esto es la velocidad del agua y la sección transversal de la tubería son inversamente proporcionales. Esta proporcionalidad es lo que se denomina la ecuación de continuidad y se expresa así:

$$A_1V_1 = A_2V_2 = A_3V_3 = \text{CONSTANTE}$$

TEOREMA DE BERNOULLI

Mediante este teorema fundamental se relaciona la presión (p), velocidad (v) y altura (h) de los puntos dentro de la corriente de agua dentro de un conducto, como el del ejemplo anterior, y expresa que: en un plano horizontal la presión dentro de un fluido en movimiento es menor cuando mayor es su velocidad y viceversa: la presión del fluido será mayor cuando menor sea su velocidad. Este principio se aplica en los rociadores de insecticidas en donde el aire que empuja el émbolo es obligado a pasar por un estrechamiento y al disminuir la presión que esta extrae el líquido a través del tubo vertical sumergido en el depósito.



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico

Anexo 4 MEDIDORES DE CAUDAL



TABLA DE CONTENIDO

MEDIDORES DE CAUDAL	198
OBJETIVO	198
TIPOS DE MEDIDORES	199
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	204



MEDIDORES DE CAUDAL

Este anexo presenta información que puede ser útil para calibrar o revisar el sistema de mediciones a la entrada o a la salida de la planta de tratamiento, igualmente las labores de mantenimiento preventivo

OBJETIVO

El medidor *de* caudal de agua cruda a la entrada de la planta permite conocer exactamente el caudal afluente y determinar lo siguiente:

Dosificación exacta de todas las sustancias químicas.

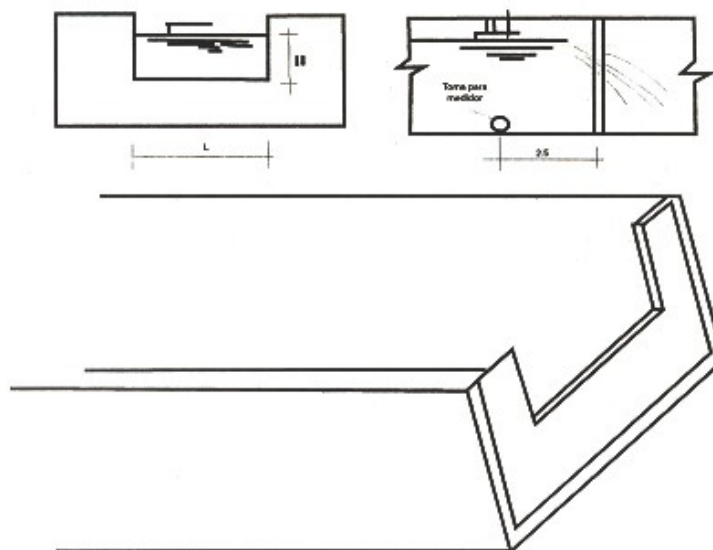
- Períodos de retención y velocidad del agua en cada uno de los procesos de tratamiento.
- Por comparación con los medidores de agua tratada podemos determinar los desperdicios,
- rebosamientos exagerados o fugas que haya en la planta.
- Para estimar o programar las sobrecarga o ampliaciones en la planta.
- Para determinar capacidad real de la conducción.



TIPOS DE MEDIDORES

Los medidores de caudal más comunes con sus fórmulas para el cálculo del caudal son:

- Vertedores Rectangulares.



Vertederos Rectangulares

$$Q = 1.84 * L * H^{3/2}$$

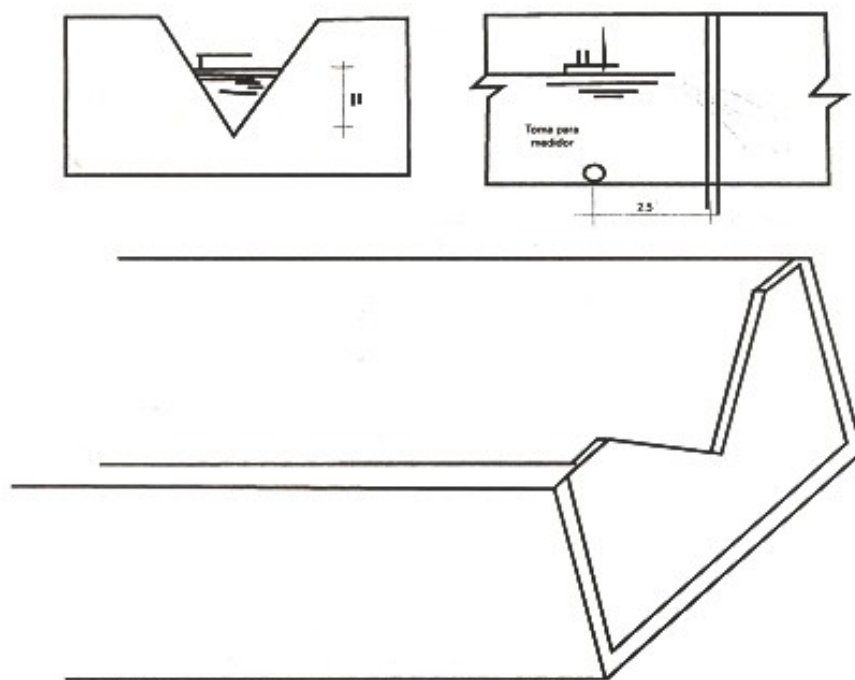
Valores de Q para L = 1.0 m y distintos valores de H.

H (cm.)	$H^{3/2}$	Q (l/s)
5	0.0112	20.6
6	0.0147	27.0
8	0.0226	41.6
10	0.0316	58.1
15	0.0581	106.9
20	0.0894	164.5
25	0.1250	230.0
30	0.1643	302.3
35	0.2071	381.1
40	0.2530	465.5

Nota: Para otros valores de L, debe multiplicarse el valor de Q por esos valores.



- Vertedores Triangulares.



Vertederos Triangulares

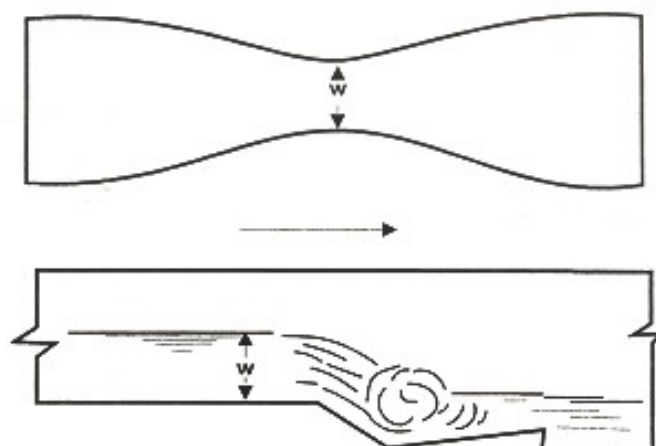
Valores de Q para $q = 90^\circ$ Y distintos valores de H.

H (cm.)	$H^{5/2}$	Q (l/s)
5	0.0006	0.8
6	0.0009	1.1
8	0.0018	2.3
10	0.0032	4.0
15	0.0087	10.9
20	0.0179	22.4
25	0.0312	39.0
30	0.0493	61.6
35	0.0725	90.6
40	0.1012	126.5

Nota: Para otros valores de q el valor de Q debe multiplicarse por $\tan q/2$



Canaleta Parshall.



Canaleta Parshall

$$Q = 2.2 * W * H^{3/2}$$

En las dos tablas siguientes aparecen las fórmulas y los valores para las canaletas de uso más frecuentes.

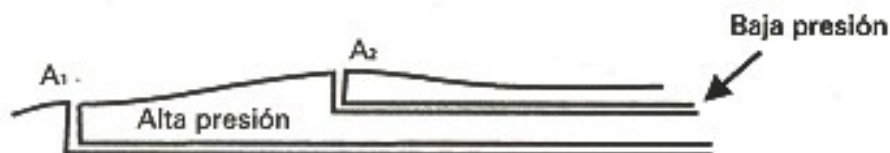
W	Q Máxima	Capacidad (l/s) Mínima
3"	176.52 * H ^{1.55}	31 0.85
6"	381.30 * H ^{1.58}	110 1.42
9"	535.36 * H ^{1.53}	249 2.55

Capacidades en l/s para distintos valores de H.

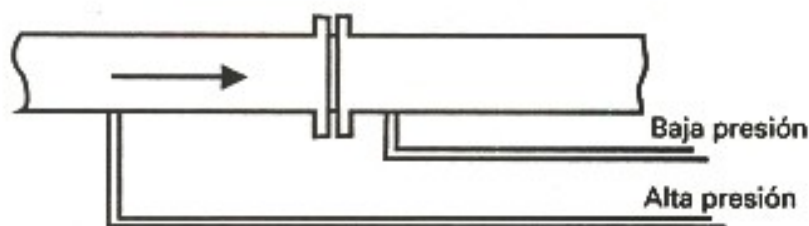
H	W (pulgadas)		
	3"	6"	9"
0.03	0.78	1.50	2.5
0.06	2.27	4.50	7.23
0.10	4.96	9.95	15.79
0.12	6.69	13.46	20.99
0.15	9.36	19.07	29.39
0.20	14.60	29.93	45.77
0.24	19.42	40.04	60.23
0.30	27.45	56.81	84.59
0.33	31.51	65.77	97.70
0.40		89.61	131.70
0.46		111.72	163.28
0.50			185.23
0.55			214.68
0.60			245.19



Tubos Venturi.



Platinas de Orificio.



En estas fórmulas tenemos:

$Q = m^3/s$

$L =$ Ancho del vertedero en m.

$H =$ Altura de la lámina de agua en m.

$q =$ Ángulo del vertedor en grados.

$A_2 =$ Área de la garganta del Venturi, en m^2 .

$A_1 =$ Área de la sección del Venturi antes de la garganta, en m^2 .

$g = 9.81 \text{ m/s}$

$h =$ Diferencial de presión entre las dos secciones del tubo Venturi, en m.

$W =$ Ancho de la Canaleta Parshall, en m.

$C =$ Coeficiente de descarga = 0.98.

$A =$ Área del orificio en m^2 .

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Vertederos.

En los vertederos el caudal es función de la altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero. De acuerdo con esa altura se puede tabular y medir por medio de una escala graduada en l/s o en otras unidades de caudal.

También puede existir un indicador de caudal de lectura directa sobre un "Dial" al cual le llegan las señales por un sistema de poleas movido por un flotador que



puede instalarse dentro del canal de aproximación o en una cámara adosada y comunicada por tubería con el canal de aproximación al vertedero.

En la zona próxima al vertedero se produce dentro del canal una cierta turbulencia y por esta razón el indicador de caudal o el flotador debe instalarse a una distancia conveniente donde esa turbulencia sea mínima. Por experiencia, esa distancia no debe ser menor de 2.5 veces la altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero para el caudal máximo.

Para el correcto funcionamiento de estos equipos el mantenimiento mínimo debe ser el siguiente:

Debe hacerse una limpieza periódica para retirar toda clase de materiales que sean arrastrados hasta el vertedero y que pueden producir modificaciones en la altura de la lámina de agua, que se traducen en inexactitud de la lectura del caudal.

Los sistemas de transmisión deben mantenerse limpios y libres de cualquier roce para que las variaciones del nivel de agua sean transmitidas correctamente.

Semanalmente debe calibrarse el indicador comprobando que la lectura cero (O) coincide con la cota de la cresta del vertedero.

Los tubos o pequeños tanques en que funcionan los flotadores deben ser drenados para examinar su interior y remover cualquier tubérculo o material que impida el libre movimiento del flotador.

Canaleta Parshall.

En la canaleta Parshall el caudal es función de la altura de lámina de agua sobre la garganta de la canaleta.

Los sistemas de transmisión y los indicadores son similares a los empleados para los vertederos. El flotador transmite en este caso las variaciones de esa altura y la distancia a que debe colocarse el flotador está determinada según el ancho de la garganta de la canaleta. El mantenimiento para estos medidores es igual al de los vertederos.

Tubos Venturi y Platinas de Orificio.

El funcionamiento de estos equipos se basa en la diferencial de presión que se produce por el estrechamiento en la sección de un conducto.



Operación y Mantenimiento de los Tubos Venturi.

Si los tubos tienen placa o placas de inspección, deben inspeccionarse la garganta y las secciones convergentes para ver si se presentan tuberculaciones, corrosión o cualquier otro deterioro. Si las juntas del tubo tienen flangers o empaquetaduras, éstas no deben sobresalir en el interior del tubo.

Deben purgarse y limpiarse las cámaras anulares en la garganta y entrada.

Purgar:

- Las tuberías que conectan el instrumento.
- Las cámaras anulares y las tuberías de conexión de aire. Examinar las tuberías de presión en busca de fugas.

Operación y mantenimiento de las platinas de orificio.

- Inspeccionar la platina de orificio.
- Aflojar los tornillos que sostienen la platina de orificio, retirarla y eliminar con lija de agua cualquier rugosidad que se presente en el orificio.
- Purgar las pequeñas tuberías que conectan a la tubería principal.
- Examinar las tuberías en busca de fugas y para retirar sedimentos.

Siempre deben observarse las instrucciones que al respecto indiquen los fabricantes de estos equipos.



CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Curso básico

Anexo 5

APARTES DE LA LEGISLACIÓN. VIGENTE PERTINENTE



TABLA DE CONTENIDO

APARTES DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE PERTINENTE PARA EL MÓDULO	207
LEY 142 DE 1994.: LEY DE SERVICIOS PÚBLICOS	208
DECRETO N° 475 DE MARZO 10 DE 1998	208



APARTES DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE

PERTINENTE PARA EL MÓDULO

En este anexo se presenta apartes del decreto 475 de marzo de 1998 y la Ley 142. Se ha extractado lo que se considera más relevante para el módulo de operación y mantenimiento de plantas y control de la calidad del agua.

LEY 142 DE 1994: LEY DE SERVICIOS PÚBLICOS

OBJETIVO

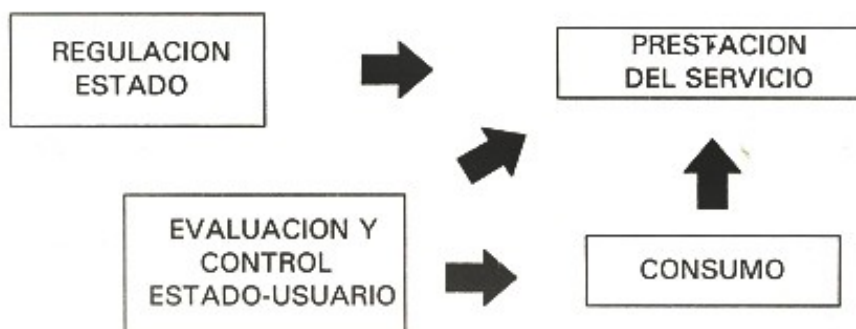
- Garantizar eficiencia y calidad del servicio.
- Ampliar cobertura.
- Posibilitar la participación privada.
- Separar roles del Estado (regulador - empresario)
- Relacionar régimen tarifario y administración eficaz de subsidios.

ELEMENTOS FUNDAMENTALES



Ministerio de Desarrollo brinda asistencia técnica.

RESPONSABILIDADES



Competencia de la Nación:

- Velar por la conservación de los recursos naturales.
- Prestar directamente el servicio.

Competencia de los Departamentos:

- Apoyo y coordinación, financiera, técnica y administrativa.
- Promover asociación de municipios para prestación del servicio.

Competencia de los Municipios:

- Asegurar prestación eficiente del servicio.
- Asegurar participación de los usuarios en gestión y fiscalización.
- Otorgar subsidios a cargo del presupuesto del municipio estratificar los inmuebles.
- Establecer nomenclatura.
- Apoyar con inversiones a empresas promovidas por los departamentos y la Nación.

Objetivo principal de la regulación.

Búsqueda de un balance que se obtendrá en los mercados competitivos que asegure una eficiente prestación de los servicios públicos en beneficio de los usuarios.

Objetivos específicos de la regulación.

- Establecer marco regulatorio.
- Definir régimen tarifario.
- Buscar incrementos progresivos en la calidad del servicio.
- Regular monopolios naturales.
- Promover formación y desarrollo adecuado de empresas reguladoras.

MINISTERIO DE SALUD DECRETO NUMERO 475 DE 1998 10 MARZO 1998

Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

En ejercicio de las facultades conferidas por el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política y, en desarrollo de las leyes 09 de 1979 y 142 de 1994



DECRETA

CAPITULO I

DEFINICIONES

ARTICULO 1.- Para los efectos del presente Decreto, adóptense las siguientes definiciones:

ACEPTABLE: Calificativo que aprueba las características organolépticas del agua para consumo humano.

AGUA CRUDA: Es aquella que no ha sido sometida a proceso de tratamiento

AGUA PARA CONSUMO HUMANO: Es aquella que se utiliza en bebida directa y preparación de alimentos para consumo.

AGUA POTABLE: Es aquella que por reunir los requisitos organolépticos, físico-, químicos y microbiológicos en las condiciones señaladas en el presente Decreto, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a su salud.

AGUA SEGURA: Es aquella que sin cumplir algunas de las normas de potabilidad definidas en el presente Decreto, puede ser consumida sin riesgo para la salud humana.

ANALISIS DE VULNERABILIDAD: Es el estudio que permite evaluar los riesgos potenciales a que están sometidos los distintos componentes de un sistema de suministro de agua.

ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL AGUA: Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

ANALISIS ORGANOLÉPTICO: Para los fines del presente Decreto se refiere a olor, sabor y percepción visual de sustancias y materiales flotantes y/o suspendidos en el agua.

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA: Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

AUTORIDAD AMBIENTAL: Es la encargada de la vigilancia, recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso, aprovechamiento y control de los residuos naturales renovables y del *medio* ambiente.



AUTORIDAD SANITARIA: Es la entidad competente del Sistema General de Seguridad Social (S.G.S.S.), que ejerce funciones de vigilancia de los sistemas de suministro de agua en cumplimiento de las normas, disposiciones y criterios contenidos en el presente Decreto, así como los demás aspectos que tengan relación con la calidad del agua para consumo humano.

CALIDAD DEL AGUA: Es el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

COMISION DE REGULACION DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO (CRA): Es la *encargada de señalar las políticas generales de la administración* y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios.

CONTAMINACION DEL AGUA: Es la alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.

CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE: Son los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos realizados al agua en cualquier punto de la red de distribución, con el objeto de garantizar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el presente Decreto.

CRITERIO DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE: Es el valor establecido para las características del agua en el presente Decreto, con el fin de conceptuar sobre su calidad.

DESASTRE: Es el daño o alteración grave de las condiciones normales de vida en un área geográfica determinada, causada por fenómenos naturales y por efectos catastróficos de la Acción del hombre en forma accidental o intencional, que requiera por ello de la especial atención de los organismos del Estado y de otras entidades de carácter humanitario o de servicio social.

EMERGENCIA: Es el evento repentino e imprevisto que se presenta en un sistema de suministro de agua para consumo humano, como consecuencia de fallas técnicas, de operación, de diseño, de control estructural, que pueden ser naturales, accidentales o provocadas que alteren su operación normal o la calidad del agua, y que obliguen a adoptar medidas inmediatas para minimizar sus consecuencias.

ENSAYO DE TRATABILIDAD: Son los estudios efectuados a nivel de laboratorio o de planta piloto, a una fuente de abastecimiento específica, para establecer el potencial de aplicación de un proceso de tratamiento.



ESCHERICHIA COLI, (E-coli): Bacilo aerobio gram-negativo que no produce esporas, pertenece a la familia de los enterobacteriaceas y se caracteriza por poseer las enzimas B - Galactosidasa y B - glucoroanidasa. Se desarrolla a 44 ± 0.5 oC en medios complejos, fermenta la lactosa liberando ácido y gas, produce indol a partir del triptófano y no produce oxidasa.

FUENTE DE ABASTECIMIENTO: Es todo recurso de agua utilizado en un sistema de suministro de agua.

GRUPO COLIFORME: Es el que comprende todas las bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermenta la lactosa a temperatura de 35 a 37 oC, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la B - galactosidasa.

IN DICE COLIFORME: Es la cantidad estimada de microorganismos de grupo coliforme presente en cien centímetros cúbicos (100 cms³) de agua, cuyo resultado se expresa en términos de número más probable (NMP) por el método de los tubos múltiples y por el número de microorganismos en el método del filtro por membrana.

LIBRO O REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD: Es aquel donde se anotan, como mínimo, los

siguientes datos: los resultados obtenidos de los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua que se suministra a la población de acuerdo con los requerimientos del presente Decreto, la cantidad de agua captada y suministrada y la cantidad de productos químicos utilizados.

LD50: Dosis letal para el 50% de los organismos en experimentación.

LIMITE DE DETECCION DE UN METODO ANALÍTICO (LD): Es el valor resultante de multiplicar la desviación estándar de un blanco de reactivos o testigo por una constante igual a 5.5. Los rangos de lectura de los métodos analíticos utilizados para análisis del agua, deben incluir al menos la décima parte del valor máximo admisible o el de referencia.

MUESTRA COMPUESTA DE AGUA: Es la integración de muestras puntuales tomadas a intervalos programados y por períodos determinados, preparadas a partir de mezclas de volúmenes iguales o proporcionales al flujo durante el período de toma de muestras.

MUESTRA PUNTUAL DE AGUA: Es la tomada en punto o lugar en un momento determinado.



NORMA DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE: Son los valores de referencia admisibles para

algunas características presentes en el agua potable, que proporcionan una base para estimar su calidad ..

PLAN DE ATENCION BASICA - P.A. B.- Es el conjunto de actividades, intervenciones y procedimientos, de promoción de la salud, prevención de enfermedad, vigilancia en salud pública y control de factores de riesgo dirigidos a la colectividad.

PLAN OPERACIONAL DE EMERGENCIA: Es el procedimiento escrito que permite a las personas que prestan el servicio público de acueducto, atender en forma efectiva una situación de emergencia.

PLANTA DE TRATAMIENTO: Es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

PLANTA PILOTO: Es el modelo que permite simular operaciones, procesos y condiciones hidráulicas de la planta de tratamiento, utilizando para este efecto el agua de la fuente de abastecimiento.

PERSONA QUE PRESTA EL SERVICIO PUBLICO DE ACUEDUCTO: Es toda persona natural o jurídica que tiene por objeto la prestación del servicio público de acueducto con las actividades complementarias, de acuerdo con lo establecido en el régimen de los servicios públicos, domiciliarios, que cumple su objeto a través de la planeación, ejecución, operación, mantenimiento y administración del sistema o de parte de él, bajo definidos criterios de eficiencia, cobertura y calidad, establecidos en los planes de gestión y resultados.

POBLACION SERVIDA: Es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua.

POLUCION DEL AGUA. Es la alteración de las características organolépticas, físicas, químicas o microbiológicas del agua como resultado de las actividades humanas o procesos naturales.

SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE: Es el conjunto de obras, equipos y materiales utilizados para la captación, aducción, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua potable para consumo humano.



SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS (SSPD): Es la entidad encargada del control, inspección y vigilancia de las personas que prestan los servicios públicos domiciliarios.

SUSCRIPTOR: Persona natural o jurídica con la cual se ha celebrado un contrato de condiciones uniformes de servicios públicos.

SUSTANCIAS FLOTANTES. Son aquellos materiales que se sostienen en equilibrio en la superficie del agua y que influyen en su apariencia.

TRATAMIENTO: Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla potable de acuerdo con las normas establecidas en el presente decreto.

USUARIO: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble donde éste se presta, o como receptor directo del servicio a este último se denomina también consumidor.

VALOR ADMISIBLE: Es el valor establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua de consumo humano no representa riesgo para la salud del consumidor.

VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA: Son las actividades realizadas por las autoridades competentes para comprobar, examinar e inspeccionar el cumplimiento de las normas de calidad del agua potable establecidas en el presente Decreto.

CAPITULO II

DISPOSICIONES GENERALES

ARTICULO 2. las disposiciones del presente Decreto son de orden público y de obligatorio cumplimiento y con ellas se regulan las actividades relacionadas con la calidad del agua potable para consumo humano.

ARTICULO 3. El agua suministrada por la persona que presta el servicio público de acueducto, deberá ser apta para consumo humano, independientemente de las características del agua cruda y de su procedencia.

PARAGRAFO. los usuarios propenderán por mantener en condiciones sanitarias adecuadas las instalaciones de distribución y almacenamiento de agua para consumo humano a nivel intradomiciliario.



ARTICULO 4. las personas que prestan el servicio público de acueducto, son las responsables del cumplimiento de las normas de calidad del agua potable establecidas en el presente Decreto, y deben garantizar la calidad del agua potable, en toda época y en cualquiera de los puntos que conforman el sistema de distribución .

PARAGRAFO. las personas que prestan el servicio público de acueducto, bajo condiciones normales, deberán garantizar su abastecimiento en continuidad y presión en la red de distribución, acorde con lo dispuesto en los Planes de Gestión y Resultados (PGR), elaborados por las personas que prestan el servicio público de acueducto y aprobados por el Ministerio de Desarrollo Económico, de acuerdo con lo estipulado en la ley 142 de 1994.

ARTICULO 5. Para los efectos del artículo anterior, la responsabilidad de las personas que prestan el servicio público de acueducto, será señalada de acuerdo con los siguientes criterios:

- a) En zonas urbanas o rurales, la responsabilidad llegará hasta los sitios en donde se hayan instalado dispositivo para regular o medir el agua consumida por los usuarios;
- b) No existiendo en zonas urbanas y rurales los dispositivos a que se refiere el literal anterior, la responsabilidad llegará hasta el punto en donde la tubería ingrese a la propiedad privada o hasta el registro o llave de paso, que haya colocado la persona que presta el servicio público de acueducto como punto final de la red de distribución, respectivamente.

CAPITULO III

NORMAS ORGANOLÉPTICAS, FÍSICAS, QUÍMICAS

Y MICROBIOLÓGICAS DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

ARTICULO 6. Las normas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua potable establecidas en el presente Decreto rigen para todo el territorio nacional y deben cumplirse en cualquier punto de la red de distribución de un sistema de suministro de agua potable.

NORMAS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICAS, FÍSICAS, y QUÍMICAS

ARTICULO 7. Los criterios organolépticos y físicos de la calidad del agua potable son los siguientes:



CARACTERISTICAS	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE
Color verdadero	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	≤ 15
Olor y sabor		Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)	≤ 5
Sólidos Totales	Mg/L	≤ 500
Conductividad	Micromhos/cm	50 - 100
Sustancias Flotantes	-	Ausentes

ARTICULO 8. Los criterios químicos de la calidad del agua potable son los siguientes:

a) Criterios para elementos y compuestos químicos, diferentes a los plaguicidas y otras sustancias, que al sobrepasar los valores establecidos tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.

CARACTERISTICAS	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE Mg/L
Aluminio	Al	0.2
Antimonio	Sb	0.005
Arsénico	As	0.01
Bario	Ba	0.5
Boro	B	0.3
Cadmio	Cd	0.003
Cianuro libre y disociable	CN	0.05
Cianuro total	CN	0.1
Cloroformo	CHCl3	0.03
Cobre	Cu	1.0

Cromo Hexavalente	Cr + 6	0.01
Fenoles totales	Fenol	0.001
Mercurio	Hg	0.001
Molibdeno	Mo	0.07
Niquel	Ni	0.02
Nitritos	NO2	0.1
Nitratos	NO3	10
Plata	Ag	0.01
Plomo	Pb	0.01
Selenio	Se	0.01
Sustancias activas al azul de metileno	ABS	0.5
Grasas y aceites	-	Ausentes
Trihalometanos Totales	THMs	0.1

b)

Criterios de calidad química para características con implicaciones de tipo económico o acción indirecta sobre la salud:



CARACTERISTICAS Mg/L	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE
Calcio	Ca	60
Acidez	CHCO3	50
Hidróxidos	CaCO3	ELD
Alcalinidad Total	CaCO3	100
Cloruros	Cl	250
Dureza Total	CaCO3	160
Hierro Total	Fe	0.3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0.1
Sulfatos	SO4-2	250
Zinc	Zn	5
Fluoruros	F	1.2
Fosfatos	PO4-3	0.2

ARTICULO 9. El valor admisible del cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución de agua potable, deberá estar comprendido entre 0.2 y 1.0 mg/litro.

PARAGRAFO. Cuando se utilice un desinfectante diferente al cloro, los valores admisibles para el residual correspondiente u otras consideraciones al respecto, serán establecidos por el Ministerio de Salud mediante el correspondiente acto administrativo.

ARTICULO 10. El valor para el potencial de hidrógeno, PH, para el agua potable deberán estar comprendidos entre 6.5 y 9.0.

ARTICULO 11. La concentración máxima admisible para cada uno de los siguientes plaguicidas y otras sustancias no consideradas en los demás artículos del presente Decreto, es de 0.0001 mg/litro.

- Los plaguicidas y otras sustancias consideradas como cancerígenas, mutagénicas y/o teratogénicas por el Ministerio de Salud o las referencias reconocidas por el mismo (se excluye el asbesto, pues se considera cancerígeno solo por inhalación).
- Los componentes clasificados en la categoría toxicológica I (altamente tóxicos) según la clasificación vigente del Ministerio de Salud.
- Las sustancias cuyos valores LD50 oral más bajo sean menores o iguales a 50 mg/Kg según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud.
- Aquellas cuya única información, reconocida por el Ministerio de Salud, los catalogue como muy venenosos, muy tóxicos, muy letales y/o muy peligrosos.



e) Las sustancias desconocidas, extrañas y/o nuevas de origen natural o sintético de las cuales no se tenga conocimiento científico sobre su toxicidad.

ARTICULO 12. La concentración máxima admisible para cada uno de los siguientes plaguicidas y otras sustancias no consideradas en los demás artículos del presente Decreto, es de 0.001 mg/litro.

a) Los plaguicidas y otras sustancias comprendidas en las categorías toxicológicas 11 y 111 (mediana y moderadamente tóxicos) según la clasificación vigente del Ministerio de Salud. Se excluyen las sustancias cancerígenas, mutagénicas y/o teratogénicas según el Ministerio de Salud o las referencias reconocidas por el mismo.

b) Las sustancias cuyos valores LD50 oral más bajos se encuentren entre 51 y 5000 mg/Kg según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud. Se excluyen las sustancias cancerígenas, mutagénicas, teratogénicas y/o las de la categoría toxicológica I según el Ministerio de Salud o las referencias reconocidas por el mismo.

ARTICULO 13. La concentración máxima admisible para cada uno de los siguientes plaguicidas y otras sustancias no consideradas en los demás artículos del presente Decreto, es de 0.01 mg/litro.

a) Los plaguicidas y otras sustancias clasificadas en la categoría toxicológica IV (baja toxicidad) de acuerdo a la clasificación vigente del Ministerio de Salud. Se excluyen las sustancias cancerígenas, mutagénicas y/o teratogénicas según el Ministerio de Salud o las referencias reconocidas por el mismo.

b) LIS sustancias cuyos valores LD50 oral más bajos se encuentren entre 5001 y 15000 mg/ Kg, según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud. Se excluyen las sustancias cancerígenas, mutagénicas, teratogénicas y/o de las categorías toxicológicas 1, 11 y 111 según _el Ministerio de Salud o las referencias reconocidas por el mismo.

c) Aquellas cuya única información, reconocida por el Ministerio de Salud, los catalogue como de poca. Ligera o baja toxicidad.

ARTICULO 14. La concentración permisible en el agua potable, para cada uno de los plaguicidas y demás sustancias concernientes a los artículo 11, 12 y 13, será menor que el límite de detección de los métodos analíticos de referencia estandarizados.

ARTICULO 15. La concentración total de plaguicidas y demás sustancias concernientes a los artículo 11, 12 y 13 se ajustará de acuerdo a lo siguiente:



a) La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias, cuyo valor individual máximo admisible sea de 0.0001 mg/litro, podrá ser de 0.001 mg/litro como máximo; en ningún caso podrán ser excedidos los valores individuales.

b) La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias, cuyo valor individual máximo admisible será de 0.001 mg/litro, podrá ser de 0.01 mg/litro como máximo, en ningún caso podrán ser excedidos los valores individuales.

c) La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias cuyo valor individual máximo admisible sea de 0.01 mg/litro, podrá ser de 0.1 mg/litro como máximo; en ningún caso podrán ser excedidos los valores individuales señalados en este artículo.

PARAGRAFO. Independientemente de lo considerado anteriormente, la suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias concernientes al presente artículo no podrá ser superior a 0.1 mg/litro.

ARTICULO 16. Los plaguicidas y las demás sustancias consideradas en los artículo 11, 12 Y 13 que deban analizarse en una determinada muestra, se seleccionarán con base en la información que contemple los datos suministrados por los responsables y/o afectados por la eventual presencia de esos tóxicos en el agua. De igual manera, para este efecto y cuando no se tenga la información completa y consistente, se considerarán de acuerdo a la región, las sustancias tóxicas utilizadas los cultivos y las plagas a combatir, lo mismo que otros factores que conduzcan a establecer los posibles contaminantes, los cuales confirmarán por loa análisis de laboratorio.

ARTICULO 17. Cuando por inconvenientes o imposibilidades técnicas de realizar los análisis correspondientes al artículo 16 y/o mientras se implementan las metodologías analíticas respectivas, las personas prestadoras del servicio de acueducto, mínimo realizarán trimestralmente (o en caso de emergencia sanitaria y/o que a juicio de la autoridad sanitaria se requieran), análisis de sustancias indicadoras de la eventual presencia de plaguicidas y/u otros complementos considerados en los artículos 11, 12 Y 13, así:

a) Organodorados persistentes, tales como PCBs, DDT y otros de amplio uso y/o peligrosos como alaclor, aldicarb, benomil, carbofurano, clorpirifos, clordano, 2-4-0, triazinas, hidrocarburos del petróleo, pentaclorofenol u otros que puedan analizarse mediante pruebas rápidas y específicas de inmunoensayo internacionalmente reconocidas. De esta lista se seleccionará (n) el (los)



compuesto (s) a analizar de acuerdo con lo establecido en el artículo 16 del presente Decreto.

b) Organofosforados y/o carbamatos inhibidores de la acetilcolinesterasa. El análisis se realizará por inhibición enzimática in vitro de la colinesterasa a través de la técnica analítica validada en el Instituto Nacional de Salud, de acuerdo con lo contemplado en el artículo 16 del presente Decreto.

c) También se podrán realizar pruebas biológicas indicadoras de la eventual presencia de plaguicidas u otras sustancias conforme al artículo 16 del presente Decreto.

d) En el caso de no realizarse las pruebas contempladas en el presente artículo, se efectuarán los análisis correspondientes de acuerdo al presente Decreto.

ARTICULO 18. El Ministerio de Salud podrá en cualquier momento establecer los valores máximos admisibles individuales y/o totales para los plaguicidas u otras sustancias, mediante el correspondiente acto administrativo.

ARTICULO 19. En la red de distribución de todo sistema de suministro de agua las personas que prestan el servicio público de acueducto, deberán practicar, como mínimo, los siguientes análisis organolépticos y físico-químicos: PH, color, olor, sustancias flotante, turbiedad, nitritos, cloruros, sulfatos, hierro total, dureza total y cloro residual libre, cuando éste se utilice como desinfectante.

ARTICULO 20. La ejecución de los análisis organolépticos, físicos y químicos, requeridos en el artículo anterior se sujetará a las siguientes reglas:

NUMERO DE HABITANTES SERVIDOS	NUMERO MINIMO DE MUESTRAS A ANALIZAR POR MES	INTERVALO MAXIMO ENTRE MUESTRAS CONSECUTIVAS
Menos de 2.500	2	Quincenal
2501 a 12.500	8	4 días
12.501 a 60.000	15	2 días
60.001 a 100.000	30	1 día
100.001 a 1.000.000	60	2 cada día
Más de 1.000.001	240	8 cada día

ARTICULO 21. En la red de distribución de todo sistema de suministro de agua, además de los análisis exigidos en el artículo 19 del presente Decreto, se practicará un análisis organoléptico, físico y químico que incluya las otras características señaladas en los artículos 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 Y 17 de esta reglamentación, con la frecuencia mínima de acuerdo al número de habitantes servicios y/o que a juicio de la autoridad sanitaria se requieran, así:



HABITANTES	FRECUENCIA MINIMA
1 a 500.000 500.001 a 1.500.000 Más de 1.500.0001	1 anual 2 semestral 1 cuatrimestral

ARTICULO 22. Para los efectos de control de la calidad organoléptica, física y química del agua potable, la persona que presta el servicio público de acueducto deberá tener en cuenta que los valores obtenidos, al ser promediados no excedan valores admisibles señalados en los artículos 7, 8, 9, 10, 11, 12 Y 13 del presente Decreto. Para establecer los promedios se tendrán en cuenta las siguientes reglas:

NUMERO DE HABITANTES SERVIDOS	PERIODO PARA ESTABLECER PROMEDIOS	FRECUENCIA DEL PROMEDIO
Hasta 2.500 2.500 a 12.500 12.501 a 60.000 60.001 a 100.000 Más de 100.001	Bimestral Mensual Quincenal Semanal Diario	Bimestral Mensual Mensual Mensual Mensual

ARTICULO 23. El número mínimo de muestras exigidas en el artículo anterior, deberán ser consignadas en el libro o registro de control de calidad, por las personas encargadas de la prestación del servicio público de acueducto.

NORMAS MICROBIOLOGICAS

ARTICULO 24. Los Métodos aceptados para análisis microbiológico del agua son los siguientes:

PARA ESCHERICHIA COLL: Filtración por membrana y sustrato definido.

PARA COLIFORMES TOTALES: Filtración por membrana y sustrato definido.

PARAGRAFO: Método de tubos múltiples de fermentación y recuento en placa (siembra en profundidad) se seguirá empleando hasta el año 2000; por lo tanto, a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto los laboratorios que no empleen los métodos aceptados para análisis microbiológico, deberán implementarlos y estandarizarlos; igualmente se adoptarán otras metodologías debidamente validadas por el Instituto Nacional de Salud y aprobadas por el Ministerio de Salud, mediante el correspondiente acto administrativo.



ARTICULO 25. El agua para consumo humano debe cumplir con los siguientes valores admisibles desde el punto de vista microbiológico.

TECNICA UTILIZADA MICROORGANISMOS INDICADORES	FILTRACION POR MEMBRANA	SUSTRATO DEFINIDO	TUBOS MULTIPLES DE FERMENTACION "aceptable hasta el año 2000"
Coliformes totales Escherichia coli	0 UFC/100 cm ³ 0 UFC/100 cm ³	0 microorganismos/100 cm ³ 0 microorganismos/100 cm ³	2 microorganismos/100 cm ³ negativo

PARAGRAFO PRIMERO: Los resultados de los análisis microbiológicos se deben reportar en las unidades de NMP/1 00 cm³ (número más probable), si se utiliza la técnica del número más probable o la técnica enzimática de sustrato definido y en UFC/1 00 cm³, (unidades formadoras de colonia), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

PARAGRAFO SEGUNDO: Se recomienda un valor máximo admisible de 100 Unidades Formadoras de Colonias (U.F.C.) por 100 centímetros cúbicos (cm³), para microorganismos mesófilos, como prueba complementaria de la calidad del agua desde el punto de vista microbiológico.

ARTICULO 26. Ninguna muestra de agua potable debe contener E-coli en 100 cm³ de agua, independientemente del método de análisis utilizado.

ARTICULO 27. El número de muestras para el control de la calidad del agua en análisis microbiológico que deben tomarse en la red de distribución de todo Sistema de Suministro de Agua, deberá corresponder a la población servida, tal como se establece a continuación:



POBLACION SERVIDA	NUMERO MINIMO DE MUESTRAS POR MES	INTERVALO MAXIMO ENTRE MUESTRAS CONSECUTIVAS
25 a 1.000	1	Mensual
1.001 a 2.500	2	Quincenal
2.501 a 3.300	3	Cada 10 días
3.301 a 4.100	4	1 semanal
4.101 a 5.800	6	Cada 5 días
5.801 a 7.600	8	Cada 4 días
7.601 a 12.900	10	Cada 3 días
12.901 a 17.200	15	Cada 2 días
17.201 a 33.000	30	Cada día
33.001 a 59.000	60	2 por día
59.001 a 96.000	90	3 por día
96.001 a 220.000	120	4 por día
220.001 a 320.000	150	5 por día
320.001 a 450.000	180	6 por día
450.001 a 600.000	210	7 por día
600.001 a 780.000	240	8 por día
780.001 a 970.000	270	9 por día
970.001 a 1.230.000	300	10 por día
1.230.001 a 1.520.000	330	11 por día
1.520.001 a 1.850.000	360	12 por día
1.850.001 a 2.270.000	390	13 por día
2.270.001 a 3.020.000	420	14 por día
3.020.001 a 3.960.000	450	15 por día
3.960.001 o más	480	16 por día

ARTICULO 28. El número mínimo de muestras exigidas en el artículo anterior, deben ser analizadas considerando el intervalo estipulado entre muestras consecutivas. Las muestras adicionales que se realicen por incumplimiento de las normas de calidad microbiológica, se consignarán en el libro o registro de control de calidad y serán tenidas en cuenta para evaluar la calidad del agua, por las personas encargadas de la prestación del servicio público de acueducto.

ARTICULO 29. Para los efectos del control de la calidad microbiológica del agua potable en lo que se refiere a coliformes totales, las personas encargadas de la prestación del servicio público de acueducto, obtendrán los porcentajes del total de los resultados de las muestras consignadas en el libro o registro de control de calidad; para este efecto los porcentajes se calcularán de la siguiente manera:

$$\% \text{ Aceptabilidad} = \frac{\text{NA} \times 100}{\text{NT}}$$

NA = Número de muestras Aceptables: Son todas aquellas muestras que cumplen con lo señalado en el artículo 25 del presente Decreto.

NT = Número total de muestras por mes: Es el total de muestras analizadas y registradas en el libro de control por mes.



PARAGRAFO: Cuando el porcentaje de aceptabilidad se encuentra entre el 95% y 100%, se considera que el agua es apta para consumo humano; pero si dicho porcentaje es menor del 95% se considera que el agua no es apta para consumo humano.

OTRAS DISPOSICIONES

ARTICULO 30. Las instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua para determinar su calidad física, química y microbiológica, serán las señaladas por el Ministerio de Salud.

ARTICULO 31. Las personas que prestan el servicio público de acueducto deberán realizar directamente o indirectamente los análisis a que se refieren los artículos anteriores como mecanismo de control que obligatoriamente deben ejercer para garantizar la calidad del agua potable, independientemente de los practicados para estudio o vigilancia por parte de las autoridades sanitarias.

ARTICULO 32. De conformidad con la Ley 09 de 1979 el Ministerio de Salud podrá, por razones de carácter sanitario o como resultado de investigaciones de orden científico o de su acción de vigilancia, adicionar o complementar el listado de características y normas de calidad del agua potable.

PARAGRAFO: Las metodologías analíticas para determinar la calidad del agua con destino al consumo humano, deberán estandarizarse, para lo cual se fijará su límite de detección, reproductibilidad (precisión), exactitud (valor verdadero), linealidad (rango dinámico lineal), porcentaje de recuperación y reporte de interferencias. El aval correspondiente lo dará el Instituto Nacional de Salud.

ARTICULO 33. Los laboratorios que analicen agua para consumo humano deberán llevar un programa de aseguramiento de la calidad que garantice los resultados obtenidos.

ARTICULO 34. Los análisis organolépticos, físicos químicos y microbiológicos, deberán ser efectuados solo por laboratorios autorizados por el Ministerio de Salud en coordinación con la Superintendencia de Industria y Comercio quien lo acreditará; estos laboratorios deberán estar participando en los programas interlaboratorios del control de calidad que liderará el Instituto Nacional de Salud a través de la red laboratorios.

NORMAS DE CALIDAD ORGANOLEPTICAS, FISICAS y QUIMICAS DEL AGUA SEGURA

ARTICULO 35. En la eventualidad de un desastre o emergencia, que afecte el normal suministro del agua potable a la población, se tendrán en cuenta las



siguientes normas organolépticas, físicas, químicas y microbio lógicas de la calidad del Agua Segura.

ARTICULO 36. Criterios de la calidad organolépticas y físicas del agua segura son las siguientes:

CARACTERISTICAS	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE
Color verdadero	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	< 25
Olor y sabor	-	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)	≤ 5
Sólidos Totales	Mg/L	<1000
Conductividad	Micromhos/cm	≤1500
Sustancias Flotantes	-	Aceptable

ARTICULO 37. Criterios de calidad química del agua segura son las siguientes:

a) Normas para elementos y sustancias químicas:

CARACTERISTICAS	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE Mg/L
Aluminio	Al	0.2
Antimonio	Sb	0.02
Arsénico	As	0.05
Bario	Ba	1.0
Boro	B	1.0
Cadmio	Cd	0.005
Cianuro libre y disociable	CN	0.1
Cianuro total	CN	0.2
Cloroformo	CHCl ₃	0.7
Cromo Hexavalente	Cr + 6	0.025
Cobre	Cu	2.0
Fenoles totales	Fenol	0.01
Mercurio	Hg	0.002
Molibdeno	Mo	0.2
Niquel	Ni	0.1
Nitritos	NO ₂	1.0
Nitratos	NO ₃	10
Plata	Ag	0.05
Plomo	Pb	0.02
Selenio	Se	0.015
Sustancias activas al azul de metileno	ABS	0.7
Grasas y aceites	-	Ausentes
Trihalometanos Totales	THMs	£0.1



b) Criterios de calidad química para agua segura:

CARACTERISTICAS Mg/L	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE
Calcio	Ca	100
Acidez	CHCO3	60
Hidróxidos	CaCO3	ELD
Alcalinidad Total	CaCO3	120
Cloruros	Cl	300
Dureza Total	CaCO3	180
Hierro Total	Fe	0.5
Magnesio	Mg	60
Manganeso	Mn	0.15
Sulfatos	SO4-2	350
Zinc	Zn	10
Fluoruros	F	1.7
Fosfatos	PO4-3	0.4

PARAGRAFO: En caso de que se presente una situación de emergencia o un desastre, la persona que presta el servicio público de acueducto, deberá adoptar las medidas correctivas o de mitigación a que haya lugar, e informar inmediatamente del hecho a la autoridad sanitaria competente para que ésta declare la situación de emergencia o desastre correspondiente y ordene la adopción de las medidas pertinentes.

ARTICULO 38. El valor admisible del cloro residual libre para el agua segura, deberá estar comprendido entre 0.3 y 1.3 mg/L.

ARTICULO 39. El valor para el potencial de hidrógeno, PH, para el agua segura deberá estar comprendido entre 6.5 y 9.0

ARTICULO 40. Las normas microbiológicas y sobre el contenido de plaguicidas y otras sustancias para el agua segura, deberá ser las mismas que para el agua potable.

PARAGRAFO 1. Los parámetros de agua segura serán aceptados únicamente mientras los sistemas de suministro de agua se encuentran en una situación de emergencia o desastre.

PARAGRAFO 2. Una vez superada una emergencia o un desastre la persona que presta el servicio público de acueducto deberá suministrar a su población agua potable, de acuerdo con lo establecido en el presente Decreto.



CAPITULO V

VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

ARTICULO 41. Las autoridades de Salud de los Distritos o Municipios, ejercerán la vigilancia sobre la Calidad del Agua Potable como parte de las acciones del Plan de Atención Básica PAB en su jurisdicción y tomarán las medidas preventivas y correctivas necesarias para dar cumplimiento a las disposiciones del presente Decreto.

El Ministerio de Salud definirá los instrumentos y procedimientos para realizar la Vigilancia en Salud de la Calidad del agua.

\,

PARAGRAFO TRANSITORIO: Hasta tanto los Municipios cuenten con la infraestructura necesaria para ejercer las funciones sobre la calidad sanitaria agua para consumo humano, el Departamento respectivo ejercerá las funciones a que se refiere el presente capítulo.

ANALLSIS ORGANOLÉPTICOS, FISICOS y QUIMICOS

ARTICULO 42. Las autoridades de Salud de los Distritos o Municipios, deberán desarrollar acciones de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, ejecutando además de los análisis exigidos en el artículo 19 del presente Decreto, los análisis organolépticos, físicos y químicos que incluyan las características señaladas en esta reglamentación, de acuerdo a la población servida, tal como se establece a continuación:

POBLACION SERVIDA	NUMERO MINIMO DE MUESTRAS	INTERVALO MAXIMO ENTRE MUESTRAS CONSECUTIVAS
Menos de 2.500	1	Cada 60 días
2501 a 12.500	2	Cada 30 días
12.501 a 60.000	3	Cada 15 días
60.001 a 100.000	4	Cada 7 días
Más de 100.001	6	Cada 5 días

ANALISIS MICROBIOLÓGICO

ARTICULO 43. Las autoridades de Salud de los Distritos o Municipios, deberán desarrollar acciones de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, realizando los análisis microbiológicos de acuerdo a la población servida, tal como se establece a continuación:



POBLACION SERVIDA	NUMERO MINIMO DE MUESTRAS POR MES	INTERVALO MAXIMO ENTRE MUESTRAS
Menos de 2.500	2	Quincenal
2501 a 10.000	3	Cada 10 días
10.001 A 50.000	4	1 semanal
50.001 A 100.000	6	Cada 5 días
100.001 A 100.000	10	Cada 3 días
780.001 A 1.520.000	15	Cada 2 días
Más de 1.520.001	30	Cada día

PARAGRAFO PRIMERO: Cuando los resultados de los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, no concuerden con las normas establecidas en el presente Decreto, las autoridades de Salud de los Distritos o Municipios procederán a tomar las muestras que sean necesarias para ubicar la posible falla y tomar las medidas correctivas del caso.

PARAGRAFO SEGUNDO: El resultado de estos análisis de vigilancia se compararán con los efectuados por las personas que prestan el servicio público de acueducto, con el fin de verificar que dichos análisis de control son acordes con lo establecido en el presente Decreto.

PARAGRAFO TERCERO: De conformidad con lo establecido en el Decreto 1562 de 1984, mediante el cual se regulan las actividades relacionadas con la vigilancia y control epidemiológicos, la información recolectada deberá cruzarse con los diferentes- entes de control y vigilancia epidemiológica, según sea el nivel, en cuanto hace relación a enfermedades de origen hídrico.

ARTICULO 44. Una vez obtenidos los resultados de los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, las Direcciones Departamentales de Salud serán las responsables de la recolección y remisión de la información consolidada al Ministerio de Salud, de acuerdo al sistema de información que se establezca.

PARAGRAFO PRIMERO: La información reportada conforme a la presente disposición se analizará por parte del Ministerio de Salud, en lo concerniente al cumplimiento de los parámetros establecidos en el presente Decreto, con el fin de adoptar los correctivos necesarios, así mismo, se comunicará a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, la cual con base en la Ley 142 de 1994 artículo 79.1 y 79.10 Y el Decreto 548 de 1995 en su artículo 6.2 literal M. aplicará las medidas pertinentes.

PARAGRAFO SEGUNDO: El Ministerio de Salud, mediante la expedición del correspondiente acto administrativo, definirá los diferentes códigos que



identifiquen las normas de calidad organoléptica, física, química y microbiológica del agua potable consideradas en el presente Decreto.

PARAGRAFO TERCERO: De conformidad con lo establecido en el Decreto 1562 de 1984, mediante el cual se regulan las actividades relacionadas con la vigilancia y control epidemiológicos, en especial el artículo 14 de dicha reglamentación, la información recolectada del control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, se suministrará a los diferentes entes de control y vigilancia epidemiológica, si así lo requieren.

ARTICULO 45. El Ministerio de Salud a través de su Dirección General de Promoción y Prevención o la dependencia que haga sus veces, recibirá la información de las diferentes Direcciones Departamentales de Salud, con el fin de preparar el informe Nacional de Calidad de Agua y fijar las políticas y estrategias a seguir en materia de calidad del agua potable.

ARTICULO 46. las autoridades de Salud de los Distritos o Municipios encargadas de la vigilancia de la calidad sanitaria del agua para consumo humano, previa identificación, tendrán libre acceso a los sistemas de suministro de agua, a los libros de registros estadísticos y a los diferentes inmuebles donde se abastezcan del sistema.

PARAGRAFO: las demás autoridades, en especial las de policía, prestarán toda la colaboración necesaria para el cumplimiento de las funciones de vigilancia y control.

ARTICULO 47. las autoridades de salud de los Distritos o Municipios podrán, en cualquier tiempo informar a las personas que prestan el servicio público de acueducto ya a la comunidad en general, las disposiciones contenidas en este Decreto, garantizando su cumplimiento y protegiendo a la comunidad, previniendo sobre la existencia de tales disposiciones y los efectos o sanciones que conlleve su incumplimiento, con el objeto de que las actividades, conductas, hechos u omisiones se ajusten a lo establecido en ellas.

Así mismo deberán adelantar campañas y procesos de capacitación, orientados a ilustrar sobre los beneficios de la calidad del agua potable para la comunidad y naturalmente para la salud.



CAPITULO VII

INFORMACION y REGISTRO

ARTICULO 48. Toda persona que preste el servicio público de acueducto, llevará un libro o registro de control de calidad actualizado, que contenga como mínimo la siguiente información:

- Cantidad de agua captada
- Cantidad de agua suministrada
- Resultados de los análisis organolépticos, microbiológicos, físicos y químicos del agua, de acuerdo con los requerimientos mínimos señalados en el presente decreto.
- Los valores exigidos en los artículo 21, 22, 26, y 28 del presente Decreto
- Cantidad de productos químicos utilizados, tales como coagulantes, desinfectantes, alcalinizantes y otros.

ARTICULO 49. las personas que prestan el servicio público de acueducto deberán tener disponible para el Ministerio de Salud, la Superintendencia de Servicios Públicos, las autoridades de Salud del Distrito o Municipio respectivas y a los demás entes de control y vigilancia que así lo requieran, la información establecida en el artículo anterior, debidamente diligenciada.

PARAGRAFO PRIMERO. las autoridades de salud del Distrito o Municipio analizarán la información recibida y tomarán las medidas del caso en desarrollo de sus funciones de vigilancia.

PARAGRAFO SEGUNDO: El resultado de la información anteriormente citada, será determinante en la aplicación del índice de calidad de agua potable, definido por el Ministerio de Salud en coordinación con la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el cual será tenido en cuenta en los planes de gestión y resultados que sean sometidos a aprobación del Ministerio de Desarrollo Económico en los términos establecidos en la ley 142 de 1994.

CAPITULO VIII

MEDIDAS DE EMERGENCIA

ARTICULO 50. Toda persona natural o jurídica que realice diseños o estudios para un sistema de suministro de agua, deberán incluir en éstos los riesgos y peligros potenciales, mediante un análisis de vulnerabilidad.

ARTICULO 51. Toda persona que preste el servicio de acueducto, deberá tener un plan operacional de emergencia basado en análisis de vulnerabilidad que



garantice medidas inmediatas en el momento de presentarse aquella, evitando a toda costa riesgos para la salud.

ARTICULO 52. En los planes operacionales de emergencia será prioritario tener en cuenta los riesgos de mayor probabilidad indicados en los análisis de vulnerabilidad.

ARTICULO 53. El personal que trabaje en los sistemas de suministro de agua, debe estar capacitado para actuar en situaciones de emergencia.

ARTICULO 54. Al declararse estados de emergencia en materia de suministro de agua, los medios alternativos deberán cumplir con las normas sobre calidad del agua segura establecidas en este Decreto.

ARTICULO 55. En caso de comprobarse el estado de emergencia, las autoridades de salud de los Distritos o Municipios y las Direcciones Departamentales de Salud, según el caso, podrá solicitar la suspensión del servicio público de acueducto, con el fin de tomar las medidas correctivas necesarias, para evitar riesgos en la salud de la población.

ARTICULO 56. El presente Decreto rige a partir de la fecha de su publicación y deroga las normas que le sean contrarias, en especial las contenidas en el Decreto 2105 de 1983.

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

Dado en Santa Fe de Bogotá, D.C. 10 marzo 1998

MARIA TERESA FORERO DE SAADE Ministra de Salud

CARLOS JULIO GAIT AN GONZALEZ Ministro de Desarrollo Económico





SISTEMA NACIONAL
DE CAPACITACION
SECTORIAL
Santafé de Bogotá D.C.
Colombia

DIRECCION DE SERVICIOS PUBLICAS DOMICILIARIOS
Sistema nacional de
Capacitación sectorial
Calle 13 No. 28-01, piso 8 Teléfono (91) 287 47 93



