

OPS/CEPIS/PUB/04.112

Original: español

Tratamiento de agua para consumo humano

Plantas de filtración rápida

Manual III: Evaluación de plantas de tecnología apropiada



**Organización
Panamericana
de la Salud**

Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud
**ÁREA DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y
SALUD AMBIENTAL**



**Centro Panamericano de
Ingeniería Sanitaria y
Ciencias del Ambiente
CEPIS/OPS**

Lima, 2006

© Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2005

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) se reserva todos los derechos. El contenido de este documento puede ser reseñado, reproducido o traducido, total o parcialmente, sin autorización previa, a condición de que se especifique la fuente y de que no se use para fines comerciales.

El CEPIS/OPS es una agencia especializada de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS).

Los Pinos 259, Urb. Camacho, Lima, Perú
Casilla de correo 4337, Lima 100, Perú
Teléfono: (511) 437 1077
Fax: (511) 437 8289
cepis@cepis.ops-oms.org
<http://www.cepis.ops-oms.org>

INTRODUCCIÓN

La evaluación de una planta de tratamiento de agua comprende un análisis detallado del funcionamiento y comportamiento hidráulico de cada una de las partes que físicamente la conforman, de su eficiencia y de la forma en que está siendo operada, controlada, mantenida y administrada.

Como resultado de la evaluación del sistema de tratamiento, se obtendrá información valiosísima que comprenderá la determinación de las condiciones para mejorar la eficiencia del sistema y desarrollar el proyecto de optimización o ampliación.

Este material es una herramienta importante tanto para el supervisor de una planta como para el proyectista. Este último deberá evaluar su planta durante la puesta en marcha del sistema, para calibrar las unidades e identificar defectos de cualquier tipo que puedan afectar la eficiencia y darles solución inmediata, antes de que el sistema sea recepcionado por la empresa. De este modo, el proyectista enriquecerá cada vez más su experiencia.

Se propone la elaboración de una ficha de evaluación de cada planta para que la empresa responsable de los sistemas lleve un archivo que facilite la obtención de esta información de manera detallada y ordenada en cualquier momento.

RECONOCIMIENTO

Este manual ha sido elaborado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS), de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), y actualiza el texto publicado en 1992 con el título *Manual IV: Evaluación*.

La preparación y actualización de este manual ha estado a cargo de la Ing. Lidia Canepa de Vargas, asesora en Tratamiento de Agua para Consumo Humano, bajo la dirección del Dr. Mauricio Pardón, director del Centro.

Se agradece la contribución del Ing. Víctor Maldonado Yactayo en la revisión de las unidades. Asimismo, la colaboración del editor del CEPIS/OPS, Lic. Luis Andrade, y de las Sras. Inés Barbieri e Irma Sánchez, del cuerpo de secretarías del Centro, quienes colaboraron en el procesamiento del texto, así como la contribución del Sr. Washington Macutela, responsable de la impresión.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	i
AGRADECIMIENTOS	iii
 CAPÍTULO 1. INSPECCIÓN INICIAL	 1
1. Introducción	3
2. Procedimiento para la inspección inicial	3
3. Pautas para el desarrollo del gráfico de potencial de producción	7
3.1 Floculadores	7
3.2 Decantadores	8
3.3 Filtros	11
3.4 Desinfección	13
3.4.1 Posdesinfección	14
3.4.2 Desinfección previa o predesinfección	16
3.5 Ejemplo de aplicación	18
Referencias	22
Anexo A: Ficha técnica para la inspección inicial	23
Anexo B: Ficha técnica de la planta de filtración rápida	26
 CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE FLUJOS Y FACTORES QUE DETERMINAN LOS PERIODOS DE RETENCIÓN	 35
1. Introducción	37
1.1 Modelos de flujo	37
1.1.1 Flujo intermitente	37
1.1.2 Flujo continuo	38
1.2 Influencia del tiempo de retención	40
1.3 Uso de trazadores para determinar el tiempo de retención y características hidráulicas de un reactor	43
2. Análisis de las características de un reactor	44
2.1 Modelos matemáticos	46
2.1.1 Teoría general	46
2.1.2 Modelo simplificado de la teoría de Wolf-Resnick	51
3. Ensayo con trazadores	57
3.1 Objetivo	57

	Página
3.2 Sustancias trazadoras	58
3.3 Procedimiento	59
3.3.1 Dosificación instantánea	59
3.3.2 Dosificación continua	60
3.4 Limitaciones de la prueba con trazadores	60
4. Aplicación práctica	64
4.1 Cálculo de cantidad de trazador	64
4.1.1 Dosificación instantánea	64
4.1.2 Dosificación continua	64
4.2 Determinación de las características hidráulicas de un floculador mecánico	65
4.2.1 Tiempo de retención teórico (t_0)	65
4.2.2 Ensayo con trazadores	66
4.2.3 Análisis por el método de Wolf-Resnick	67
4.2.4 Análisis por el método de la curva de tendencia	70
4.2.5 Índice de Morrill	70
4.2.6 Conclusiones	71
4.3 Determinación de las características hidráulicas de un floculador de pantallas de flujo vertical	71
4.3.1 Tiempo teórico de retención	74
4.3.2 Ensayo con trazadores	74
4.3.3 Análisis por el método de Wolf-Resnick	74
4.3.4 Análisis por el método de la curva de tendencia	76
4.3.5 Índice de Morrill	79
4.3.6 Conclusiones	80
4.4 Determinación de las características hidráulicas de un sedimentador rectangular de flujo horizontal	80
4.4.1 Tiempo teórico de retención	80
4.4.2 Ensayo con trazadores	81
4.4.3 Análisis por el método de Wolf-Resnick	82
4.4.4 Análisis por el método de la curva de tendencia	83
4.4.5 Índice de Morrill	83
4.4.6 Conclusiones	84
5. Otras aplicaciones importantes	85
5.1 Medición de caudales	85
5.1.1 De entrada a la planta	85
5.1.2 De entrada a cada unidad	87
Referencias	91
Bibliografía general	91

	Página
CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE PLANTAS CONVENCIONALES Y DE TECNOLOGÍA APROPIADA	93
1. Introducción	95
2. Evaluación del proceso de coagulación	95
2.1 Dosificación de sustancias químicas	96
2.1.1 Selección de sustancias químicas	96
2.1.2 Manejo y almacenamiento de sustancias químicas	97
2.1.3 Dosificación de sustancias químicas	98
2.2 Aplicación práctica	102
2.2.1 Exactitud	103
2.2.2 Concentración en el tanque de disolución del dosificador en seco	104
2.2.3 Tiempo de retención en la cámara de disolución	105
3. Evaluación de mezcladores	106
3.1 Geometría de la unidad y punto de aplicación de las sustancias químicas	107
3.1.1 Geometría de la unidad	107
3.1.2 Punto de aplicación del modificador de pH	108
3.2 Tiempo real de retención	109
3.3 Intensidad de la mezcla	110
3.4 Condiciones hidráulicas en las interconexiones	111
3.4.1 Condiciones de la canaleta Parshall como medidor de caudal	112
3.4.2 Condiciones en la canaleta Parshall como mezclador	112
4. Evaluación de floculadores	115
4.1 Geometría de la unidad	116
4.1.1 Unidades hidráulicas	116
4.1.2 Unidad de pantallas de flujo vertical	116
4.1.3 Aplicación práctica	117
4.2 Caudal de operación	120
4.3 Parámetros óptimos del proceso	120
4.4 Tiempo de retención real y características hidráulicas de la unidad	120
4.5 Intensidad de floculación	120
4.5.1 Unidad de floculación hidráulica	120
4.5.2 Unidad de floculación mecánica	121
4.6 Tiempo de formación inicial del flóculo	122
4.7 Tamaño del flóculo producido	123

	Página
4.8 Aplicación práctica	125
4.8.1 Floculador mecánico	125
4.8.2 Floculador hidráulico	128
5. Evaluación de decantadores	132
5.1 Eficiencia	133
5.1.1 Eficiencia en función de la calidad del agua sedimentada	134
5.1.2 Eficiencia en función de la calidad del agua cruda	136
5.2 Evaluación de las características de las unidades convencionales de flujo horizontal	139
5.2.1 Geometría de la unidad	139
5.2.2 Determinación de condiciones hidráulicas	142
5.2.3 Determinación de carga superficial real	145
5.2.4 Estudio de caso	152
5.3 Evaluación de las unidades de flujo laminar	157
5.3.1 Zona de entrada	158
5.3.2 Zona de decantación	159
6. Evaluación de las baterías de filtros de tasa declinante y lavado mutuo	166
6.1 Características de la unidad	167
6.1.1 Requisitos para la operación de la batería con tasa declinante	167
6.1.2 Requisitos básicos para que la batería de filtros sea autolavable	167
6.1.3 Geometría de la unidad	168
6.2 Eficiencia del proceso	172
6.3 Características del proceso de filtración	174
6.3.1 Velocidad y caudal de filtración	174
6.3.2 Calidad del filtrado inicial	176
6.3.3 Duración de las carreras de filtración	177
6.4 Características del sistema de lavado	178
6.4.1 Expansión del medio filtrante	178
6.4.2 Duración del proceso de lavado	179
6.5 Características del medio filtrante	181
6.5.1 Granulometría del medio filtrante	182
6.5.2 Estado del medio filtrante	185
6.5.3 Espesor del medio filtrante	186
6.6 Caso de estudio	188
6.6.1 Eficiencia	189
6.6.2 Características del lecho filtrante	190
6.6.3 Tasas de filtración y lavado	191
6.6.4 Carreras de filtración	191
6.6.5 Eficiencia del sistema de lavado	191

	Página
6.6.6 Relación tasa máxima/tasa promedio al inicio de la carrera del filtro recién lavado	192
6.6.7 Profundidad y expansión del medio filtrante	193
7. Evaluación de las instalaciones de cloración	194
7.1 Tiempo real de contacto	195
7.2 Dosis óptima de cloro.....	197
7.3 Características del sistema de aplicación	199
7.4 Características de las instalaciones de cloración	201
7.4.1 Criterios para evaluar la sala de cloración y el almacén de cilindros de cloro.....	202
7.5 Grado de contaminación ocasionada por el proceso.....	211
7.6 Estudio de caso	211
7.6.1 Descripción del sistema	211
7.6.2 Tiempo de contacto.....	212
7.6.3 Dosis aplicadas	212
7.6.4 Eficiencia de la cloración	213
Referencias	215
Bibliografía general.....	215
Anexo A: Estudio de caso. Ficha técnica de evaluación final de una planta de filtración rápida	217
CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN DE PLANTAS DE TECNOLOGÍA IMPORTADA	235
1. Introducción	237
2. Objetivo	237
3. Evaluación de los procesos de coagulación	237
3.1 Evaluación de los decantadores de contacto de sólidos	238
3.1.1 Decantador de manto de lodos pulsante	239
3.1.2 Decantador de manto de lodos de separación dinámica ...	249
3.1.3 Decantadores de manto de lodos de agitación simple	251
3.2 Filtración	252
3.2.1 Características del proceso de filtración	253
3.2.2 Características del proceso de lavado	265
3.3 Cloración	281
Referencias	283
Bibliografía general	283

