

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE



**SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
GRANADA - META**

	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022
			Página: 2 de 22

CONTENIDO

1. OBJETIVO	4
2. ALCANCE	4
3. REFERENCIAS NORMATIVAS	4
4. DEFINICIONES	4
5. CONDICIONES GENERALES	5
5.1. INTRODUCCIÓN	5
5.2. LOCALIZACIÓN	5
5.3. CAUDALES	6
5.4. COMPONENTES DEL SISTEMA	6
5.4.1. FILTRO RAPIDO A PRESIÓN DE TASA DECLINANTE	6
5.5 MEMORIAS DE CÁLCULO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA UN CAUDAL DE 20 LITROS POR SEGUNDO	7
5.5.1. DATOS DE ENTRADA	7
5.6. CALCULO DEL FILTRO RÁPIDO DE TASA DECLINANTE FILTROS METÁLICOS CERRADOS A PRESIÓN	9
5.7. LECHO FILTRANTE	11
6. CONTENIDO	11
6.1. CONTROL Y OPERACIÓN DE LOS FILTROS	11
6.2. PROBLEMAS DE OPERACIÓN DE FILTROS	12
6.2.1. CUANDO SE LAVAN LOS FILTROS	13
6.2.2. SECUENCIA EN EL LAVADO Y LA OPERACIÓN NORMAL DE LOS FILTROS.	13
6.2.3. OPERACIÓN NORMAL DE LOS FILTROS (MODO DE FILTRACIÓN)	14
6.3. PRECAUCIÓN EN LA OPERACIÓN DE VÁLVULAS	15
6.4. LA DESINFECCIÓN	15

 UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS®	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022

6.5.	ACTORES QUE INFLUYEN EN LA DESINFECCIÓN	15
6.6.	LA CLORACIÓN	16
6.7.	ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA OPERACIÓN DEL CLORADOR.	16
6.8.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL CLORADOR	17
6.9.	PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS	17
6.10.	PELIGROS PARA LA SALUD	18
6.11.	RESUMEN DE EMERGENCIA	18
6.12.	EFFECTOS POTENCIALES SOBRE LA SALUD:	18
6.13.	MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	20
6.14.	MEDIDAS CONTRA INCENDIOS	21
7.	FLUJOGRAMA	22
8.	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	22
9.	LISTADO DE ANEXOS	22
10.	HISTORIAL DE CAMBIOS	22

	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022

1. OBJETIVO

Establecer los requisitos, criterios y actividades a seguir para la operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento Agua Potable del Campus de Boquemonte.

2. ALCANCE

El presente manual aplica para la operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento Agua Potable del Campus de Boquemonte ubicado en el municipio de Granada, Departamento del Meta. Este documento está encaminado a la ejecución de las labores de funcionamiento y mantenimiento preventivo, para minimizar y evitar una eventualidad relacionada con la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

Este manual comprende el funcionamiento de cada una de las unidades de la Planta de Tratamiento Agua Potable con el fin de evitar potenciales afectaciones a la salud de la comunidad y controlar las posibles afectaciones en la calidad del medio receptor del Campus Boquemonte del Municipio de Granada.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

- **Resolución 2115 de 2007:** “*Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*”.
- **Decreto 3930 de 2010:** “*El presente decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados*”.
- **Resolución PS-GJ.1.2.6.19.0060 de 31 de enero de 2019:** La autoridad ambiental en el departamento del Meta Cormacarena, otorga el permiso de concepción de agua subterráneas a captar de un pozo de 160 metros de profundidad.
- **Memorias de cálculo de la planta de tratamiento de agua potable para un caudal de 20 litros por segundo.**

4. DEFINICIONES

- **PTAP:** Planta de tratamiento de agua potable.
- **Planta de tratamiento de agua potable:** son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico-químico cuya finalidad es que a través de los equipamientos eliminar y reducir la contaminación o las características no deseables del agua.
- **pH:** Medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución. El pH se mide en una escala de 0 a 14. En esta escala, un valor pH de 7 es neutro, lo que significa que la sustancia o solución no es ácida ni alcalina.
- **Mantenimiento:** Es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.
- **Filtración:** Proceso de separación de partículas sólidas de un líquido utilizando un material poroso llamado filtro. La técnica consiste en verter la mezcla sólido-líquido que se quiere tratar sobre un filtro que permita el paso del líquido pero que retenga las partículas sólidas.

- **Purificación:** Es una serie de pasos al cual se somete el agua para eliminar microorganismos y residuos con el fin de obtener agua de mayor pureza y calidad consumible.
- **Cloración:** Es el método más utilizado para la desinfección de agua potable por ser un tratamiento sencillo y efectivo para la reducción de bacterias que aún se encuentren presentes en el recurso.

5. CONDICIONES GENERALES

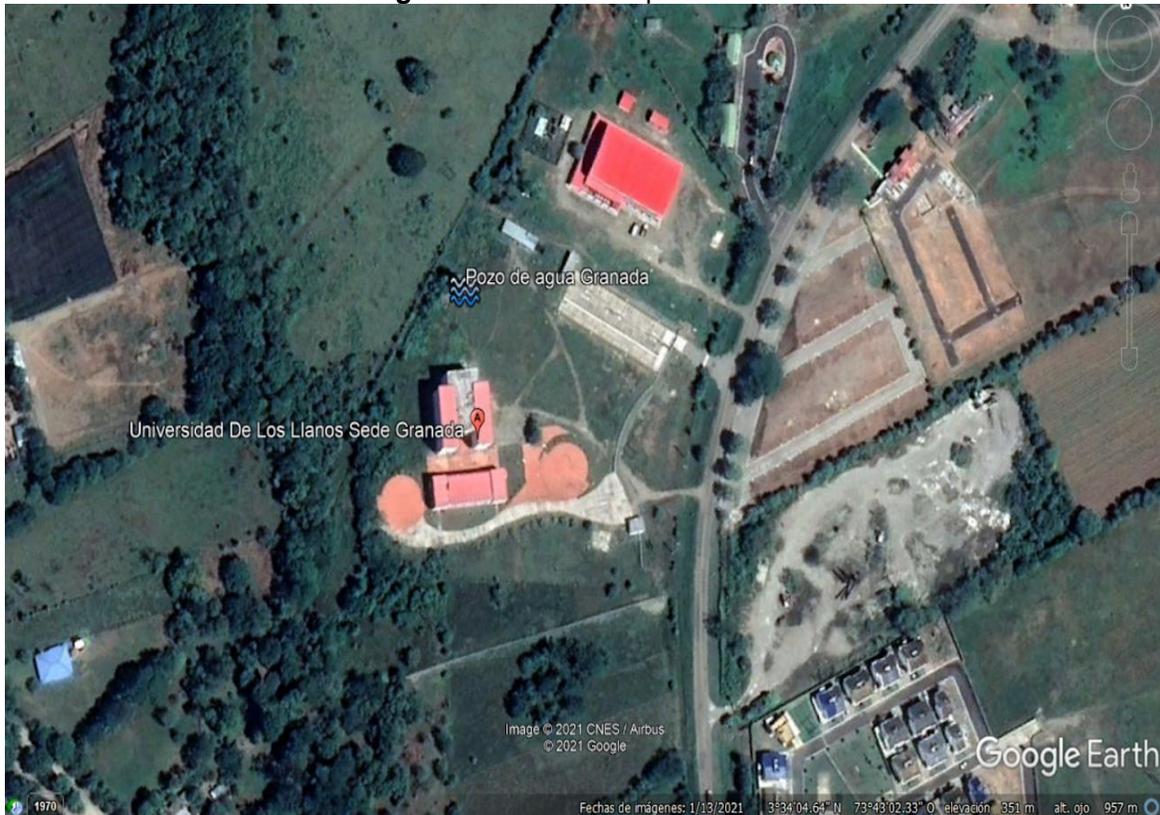
5.1. INTRODUCCIÓN

Sistema de tratamiento con los procesos de corrección de pH, precloración y filtración directa a presión. Una batería de cinco (5) filtros rápidos cerrados de tasa declinante con retro lavado con agua tratada desde tanque de almacenamiento.

5.2. LOCALIZACIÓN

El acueducto de la sede de Granada Meta de la Universidad de los Llanos capta aguas para su sistema de acueducto de un pozo perforado de 160 metros de profundidad y 8 pulgadas de diámetro el cual se encuentra localizado en una de las áreas verdes del campus universitario, junto a donde se proyecta construir el sistema de tratamiento propuesto.

Imagen 1: Localización pozo Granada.



Fuente: Google Earth

5.3. CAUDALES

Se asume un caudal de diseño para la planta de agua potable $Q = 20$ l/s.

5.4. COMPONENTES DEL SISTEMA

Por tratarse de agua subterránea captada de un pozo profundo de buena calidad física, química y microbiológica con contenido de hierro < 3 mg/litro y pH de 6 solo se proyecta un sistema de tratamiento con el proceso de filtración directa, corrección de pH. y cloración con lo que se espera cumplir con lo establecido en la resolución 2115 de 2007 que establece los parámetros de calidad de agua para consumo humano en Colombia.

- Pozo profundo: $H = 160$ m., $D = 8$ pulgadas.
- Bomba sumergible de 25 H. P.
- Tubería de impulsión de 4 pulgadas.
- Medición de caudal (Macromedidor a la salida del pozo)
- Filtración (5 unidades de filtración de 1.2 m. de diámetro)
- Cloración (Clorador con bomba dosificadora)
- Adición de Productos Químicos (Corrector de pH. con bomba dosificadora)
- Tanque elevado en concreto reforzado de $V = 120$ m³.

5.4.1. FILTRO RÁPIDO A PRESIÓN DE TASA DECLINANTE



Imagen 2 y 3: Cinco (5) Filtros y Cinco (5) Microfiltros de potabilización.

El proceso de filtración se realizará por medio de una batería de cinco (5) filtros rápidos cerrados de tasa declinante con retro lavado con agua tratada desde el tanque de almacenamiento elevado o por lavado mutuo, con lecho filtrante dual (zeolita y arena), el tamaño de los materiales del lecho variará uniformemente de fino a grueso, sobre un soporte de gravas y falso fondo tipo flauta.

	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022

5.5 MEMORIAS DE CÁLCULO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA UN CAUDAL DE 20 LITROS POR SEGUNDO

5.5.1. DATOS DE ENTRADA

Caudal de diseño: $Q = 20 \text{ lt/s}$

Velocidad de filtración $TF = 300 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$

1. Área de filtración total en m^2

$$A_{FT} = \frac{V}{TF}$$

2. N_f : número de filtros, según el artículo 113 del RAS 2000, cuando el lavado de los filtros se hace con fuente externa o tanque de lavado, el número mínimo de unidades deben ser tres; y para lavado mutuo el número mínimo de unidades debe ser cuatro.

Se asume, $N_f = 5$

3. Área de cada filtro en m^2

$$A_F = \frac{A_{FT}}{N_F}$$

4. Velocidad de lavado

$$V_L = \frac{Q_L}{A_F}$$

La velocidad de lavado debe estar entre: $V_L = 0.5$ a 1 m/min

5. Lado del filtro cuadrado en m

$$L_F = \sqrt{A_F}$$

6. Por ser filtración directa con lechos duales de arena y zeolita con precloración para remoción de hierro se recomienda la utilización de filtros cerrados a presión los cuales nos permiten una disminución de costos de construcción y facilidad de operación.

7. Diámetro del filtro en m . $d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_F}{\pi}}$

Luego se convierte el diámetro a pulgadas y se asume el diámetro estándar más cercano.

8. Válvula de entrada de agua al filtro

Velocidad del agua en la válvula de entrada $v = 1 \text{ m/}$

	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022
			Página: 8 de 22

Caudal de filtración en m³/s.

$$Q_F = \frac{Q}{Nf}$$

Área de la válvula en m².

$$A = \frac{Q_F}{v}$$

Diámetro de la válvula en m.

$$d = \sqrt{\frac{4 * A_F}{\pi}}$$

Luego se convierte el diámetro a pulgadas y se asume el diámetro estándar más cercano.

9. Válvula de retro lavado del filtro

Velocidad del agua en la válvula de lavado $v = 2.5$ m/s Caudal de lavado en m³/s., corresponde al caudal de diseño

Área de la válvula en m².

$$A = \frac{Q}{v}$$

Diámetro de la válvula en m.

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

Luego se convierte el diámetro a pulgadas y se asume el diámetro estándar más cercano.

10. Válvula de desagüe de fondo, se asume $d = 1$ pulgada.

11. Válvula de salida de agua filtrada

Velocidad del agua en la válvula de lavado $v = 2.5$ m/s.

Caudal de lavado en m³/s., corresponde al caudal de diseño

Área de la válvula en m². $A = \frac{Q}{v}$

Diámetro de la válvula en m.

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

Luego se convierte el diámetro a pulgadas y se asume el diámetro estándar más cercano.

Los cálculos se anexan en formato de hoja de cálculo Excel.

5.6. CALCULO DEL FILTRO RÁPIDO DE TASA DECLINANTE FILTROS METÁLICOS CERRADOS A PRESIÓN

VARIABLE	DATO	UNIDADES	NOMBRE DE LA VARIABLE
Q=	20	l/s	Caudal de diseño de la planta
n	1		Numero de baterías
Q=	20	l/s	Caudal de diseño por batería
Q=	0,02	m3/s	Caudal de diseño por unidad en m3/s
TF=	300	m3/m2xdi	Tasa de filtración
To=	20	oC	Temperatura
visc=	0,0101	m2/s	Viscosidad cinemática (para T = 15 °C)
g=	9,81	m/s2	Aceleración de la gravedad
An=	5,76	m2	Área total de filtración
Nf=	5		No de filtros
Af=	1,15	m2	Área de cada filtro
vl=	0,017	m/s	Velocidad de lavado
vl=	1,0	m/min	Velocidad de lavado (vl= 0,5 a 1 m/min)
Df=	1,2	m	Diámetro del filtro
Df=	47,7	pulgadas	Diámetro del filtro en pulgadas calculado
Df=	48	pulgadas	Diámetro del filtro en pulgadas asumido
VÁLVULA DE ENTRADA			
v=	1,0	M/S	Velocidad del agua en la válvula
Qf=	0,006	m3/s	Caudal de entrada para cada filtro
Ac=	0,006	m2	Área de la compuerta (válvula) de entrada
lc=	0,077	m	Lado de la compuerta (cuadrado)
d=	0,09	m	Diámetro de la válvula en mts
d=	3,40	m	Diámetro de la válvula en pulgadas
d=	4	pulgadas	Diámetro de la válvula en pulgadas asumido
K=	0,2		Coefficiente de pérdidas para válvula abierta
hve=	0,010	m	Perdida de carga en la válvula
VÁLVULA DE RETROLAVADO			
v=	2,5	M/S	Velocidad del agua en la válvula
Qf=	0,020	m3/s	Caudal de entrada para cada filtro
Ac=	0,008	m2	Área de la compuerta (válvula) de entrada
lc=	0,089	m	Lado de la compuerta (cuadrado)
d=	0,10	m	Diámetro de la válvula en mts
d=	3,93	m	Diámetro de la válvula en pulgadas
d=	4	pulgadas	Diámetro de la válvula en pulgadas asumido
K=	0,2		Coefficiente de pérdidas para válvula abierta
hve=	0,064	m	Perdida de carga en la válvula
VÁLVULA DE DESAGÜE DE FONDO			
d=	1	pulgadas	Se asume
VÁLVULA DE SALIDA DE AGUA FILTRADA			
v=	2,5	m/s	Velocidad del agua en la válvula

VARIABLE	DATO	UNIDADES	NOMBRE DE LA VARIABLE
Qf=	0,020	m ³ /s	Caudal de entrada para cada filtro
Ac=	0,008	m ²	Área de la compuerta (válvula) de entrada
lc=	0,089	m	Lado de la compuerta (cuadrado)
d=	0,10	m	Diámetro de la válvula en mts
d=	3,93	m	Diámetro de la válvula en pulgadas
d=	4	pulgadas	Diámetro de la válvula en pulgadas asumido
K=	0,2		Coefficiente de pérdidas para válvula abierta
hve=	0,064	m	Perdida de carga en la válvula

VARIABLE	DATO	UNIDADES	NOMBRE DE LA VARIABLE
LECHO FILTRANTE			
No=	60		Número total de boquillas por filtro
qo=	0,00033	m ³ /s	Caudal de lavado por boquilla
do=	0,0195	m	Diámetro de la boquilla
Ao=	0,00030	m ²	Área de cada boquilla
Cd=	0,7		Coefficiente del gasto
hfo=	0,15	m	Perdida de carga en las boquillas
LECHO FILTRANTE DUAL (ARENA Y ZEOLITA)			
ARENA			
L=	0,30	m	Altura del lecho de arena
Ss=	2,68	gr/cm ³	Peso específico de la arena
Po=	0,43		Porosidad de la arena
Fi=	0,72		Esfericidad de la arena
dmax=	0,109	mm	Diámetro máximo de la arena
um(X/d ²)=	170		De la hoja lecho
ZEOLITA			
L=	0,40	m	Altura del lecho de zeolita
Ss=	1,58	gr/cm ³	Peso específico de la zeolita
Po=	0,55		Porosidad de la zeolita
Fi=	0,47		Esfericidad de la zeolita
dmax=	0,2	mm	Diámetro máximo de la zeolita
um(X/d ²)=	43		De la hoja lecho
PERDIDA DE CARGA INICIAL EN EL LECHO			
Vf=	0,35	cm/s	
Nr(ar)=	3,75		Número de Reynolds para la arena
Nr(ant)=	6,88		Número de Reynolds para la zeolita
Constante=	0,0005		
ho(ar)=	21,59	cm	Perdida de carga en el lecho de arena
ho(ar)=	5,10	cm	Perdida de carga en el lecho de zeolita
ho=	0,27	m	Perdida de carga total en el lecho durante la filtración
K=	2		Coefficiente K = 1.5 a 2
hc=	2,00	m	Perdida de carga durante la filtración
hc/Nf=	0,40	m	Perdida de carga durante la filtración para un filtro

VARIABLE	DATO	UNIDADES	NOMBRE DE LA VARIABLE
PERDIDA DE CARGA DURANTE EL LAVADO			
$h1(ar)=$	0,23	m	Perdida de carga en el lecho de arena
$h1(ant)=$	0,10	m	Perdida de carga en el lecho de zeolita
$Lgrava=$	0,10	m	Altura del lecho de grava
$gravalibre=$	0,00	m	Altura del lecho de grava sobre la canaleta
$h2=$	0,03	m	Perdida de carga en el lecho de grava
$Alfa=$	0,6		Coeficiente del orificio, generalmente 0,6
$Veta=$	0,016		Relación entre el área total de los orificios y el área del
$h3=$	0,18	m	Perdida de carga en el sistema de drenaje
$Kc=$	1,0		Coeficiente de pérdida de carga en la compuerta
$Kcd=$	1,5		Coeficiente de pérdida de carga en cambio de dirección
$Kcd=$	2,0		Coeficiente de pérdida de carga en la expansión de are
$h4=$	0,00007	m	Perdida de carga en el recorrido
$HI=$	0,69	m	Pérdida total de carga durante el lavado

5.7. LECHO FILTRANTE

Material	No de tamiz	X_i	d_i cm	d_i^2	X_i/d_i^2
Zeolita	18 - 16	0,19	0,109	0,0119	15,992
	16 - 14	0,18	0,13	0,0169	10,651
	14 - 12	0,18	0,154	0,0237	7,5898
	12 - 10	0,19	0,184	0,0339	5,612
	10 - 8	0,16	0,219	0,0480	3,336
				suma	43,181
Arena	35 - 30	0,21	0,054	0,0029	72,016
	30 - 25	0,16	0,065	0,0042	37,87
	25 - 20	0,15	0,082	0,0067	22,308
	20 - 18	0,18	0,092	0,0085	21,267
	18 - 16	0,2	0,109	0,0119	16,834
				suma	170,29

6. CONTENIDO

6.1. CONTROL Y OPERACIÓN DE LOS FILTROS

En el control y operación se sugiere tener en cuenta los siguientes factores básicos:

- 1) Medida de la pérdida de carga: El tiempo de lavado del filtro se determina cuando se tiene una predeterminada pérdida de carga cerca de 2 a 3 metros, o de acuerdo con la turbiedad del efluente general del filtro.

 UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022

- 2) Medida del caudal del agua filtrada: El caudal del agua filtrada debe ser lo más constante posible durante la jornada del filtro. Se entiende por jornada del filtro el tiempo, que, según el fabricante, debe trabajar el filtro para ser lavado.
- 3) Turbiedad del efluente: Está regulada por la resolución 2115 de 2007 con un valor máximo de 2 UNT, pero queda a criterio del operador de la planta, suministrar el agua por encima de los valores estipulados en la norma.
- 4) Estadísticas: Se llevarán las estadísticas que el manual de operación de la planta indique o en su defecto lo establecido por el Ministerio de Salud.

Se debe llevar un control estadístico de los siguientes parámetros:

- a. Cantidad del agua filtrada.
- b. Número de filtros en servicio.
- c. Número de horas totales en filtración.
- d. Pérdida de carga.
- e. Promedio de la carrera de filtración.
- f. Número de lavados.
- g. Cantidad de agua usada en el lavado.
- h. Exámenes Físico-químicos y bacteriológicos.
- i. Observaciones (notas pertinentes, problemas, reparaciones)

6.2. PROBLEMAS DE OPERACIÓN DE FILTROS

El lavado instantáneo del filtro consiste en la apertura y cierre de la válvula de lavado estando el filtro en operación; esta práctica consigue limpiarlo transitoriamente prolongando la carrera de filtración. En las plantas de tratamiento bien operadas, esta operación no se efectúa pues generalmente las capas del lecho filtrante se mezclan, permitiendo que el agua pase turbia a través de este.

La apertura rápida de la válvula de lavado puede ocasionar los siguientes problemas:

- a. Golpes de ariete cambio repentino de la velocidad del agua)
- b. Disturbios en las capas de grava por la formación de chorros.
- c. Si el filtro tiene aire la formación de burbujas puede ocasionar la pérdida del lecho superior del filtro al arrastrarlo a las canaletas del lavado.

Cuando el filtro está en operación el paso del agua a través del lecho produce escapes de oxígeno y de otros gases, si el sistema de drenaje es muy pequeño se forman vacíos que atrapan dichos gases y forman las denominadas bolsas de aire.

- d. El nivel del agua en el filtro no debe estar por debajo del nivel de entrada del afluente, pues al llenarlo el agua cae desde las canaletas del lavado, ocasionando la ruptura de la superficie y permitiendo seguramente que el filtro tome aire. En el caso de que el nivel del agua se encuentre por debajo de la superficie se deberá efectuar un lavado corto antes de poner el filtro en servicio. En la medida de lo posible el filtro debe llenarse con agua de lavado.

	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022

- e. Bolas de lodo (mezcla de arena y lodo); son causadas por la pobre calidad del afluente (agua que entra) por la no adecuada distribución del agua de lavado o por el deficiente lavado del filtro.
 - Se pueden desbaratar o desmenuzar utilizando rastrillo metálico u otro tipo de herramienta similar.
 - el lavado superficial realizado al mismo tiempo que el retrolavado puede reducir la formación de bolas de lodo.
- f. El filtro debe lavarse al final de una jornada de trabajo si éste no se opera continuamente.

6.2.1. CUANDO SE LAVAN LOS FILTROS

- a. Pérdida de carga (2.0 – 3.0).
- b. Turbiedad del efluente mayor a 2 UNT.
- c. Colmatación.
- d. Por tiempo.
- e. Por contaminación.

6.2.2. SECUENCIA EN EL LAVADO Y LA OPERACIÓN NORMAL DE LOS FILTROS.

Filtro No 1.

- a. Cerrar la válvula V3 (entrada de agua cruda)
- b. Cerrar la válvula V5 (salida de agua filtrada).
- c. Los otros filtros deben estar funcionando en modo de filtración.
- d. Abrir la válvula V4 (agua de lavado).
- e. Abrir la válvula V6 (entrada de agua de filtrada).
- f. Dejar salir el agua por la tubería de lavado hasta que salga todo el lodo acumulado sobre el lecho (aproximadamente 10 minutos).

Filtro No 2.

- a. Los otros cuatro filtros deben estar funcionando a modo de filtración.
- b. Cerrar la válvula V7 (entrada de agua cruda)
- c. Cerrar la válvula V9 (salida de agua filtrada).
- d. Los otros filtros deben estar funcionando en modo de filtración.
- e. Abrir la válvula V8 (agua de lavado).
- f. Abrir la válvula V10 (entrada de agua filtrada).
- g. Dejar salir el agua por la tubería de lavado hasta que salga todo el lodo acumulado sobre el lecho (aproximadamente 10 minutos).

Filtro No 3.

- a. Los otros cuatro filtros deben estar funcionando en modo de filtración.
- b. Cerrar la válvula V11 (entrada de agua cruda)
- c. Cerrar la válvula V13 (salida de agua filtrada).
- d. Abrir la válvula V12 (agua de lavado).

 UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022

- e. Abrir la válvula V14 (entrada de agua de filtrada).
- f. Dejar salir el agua por la tubería de lavado hasta que salga todo el lodo acumulado sobre el lecho (aproximadamente 10 minutos).

Filtro No 4.

- a. Los otros cuatro filtros deben estar funcionando en modo de filtración.
- b. Cerrar la válvula V15 (entrada de agua cruda)
- c. Cerrar la válvula V17 (salida de agua filtrada).
- d. Abrir la válvula V16 (agua de lavado).
- e. Abrir la válvula V18 (entrada de agua de filtrada).
- f. Dejar salir el agua por la tubería de lavado hasta que salga todo el lodo acumulado sobre el lecho (aproximadamente 10 minutos).

Filtro No 5.

- a. Los otros cuatro filtros deben estar funcionando a modo de filtración.
- b. Cerrar la válvula V19 (entrada de agua cruda)
- c. Cerrar la válvula V21 (salida de agua filtrada).
- d. Abrir la válvula V20 (agua de lavado).
- e. Abrir la válvula V22 (entrada de agua filtrada).
- f. Dejar salir el agua por la tubería de lavado hasta que salga todo el lodo acumulado sobre el lecho (aproximadamente 10 minutos).

6.2.3. OPERACIÓN NORMAL DE LOS FILTROS (MODO DE FILTRACIÓN)

Filtro No 1. <ol style="list-style-type: none"> a. Cerrar la válvula V6. b. Abrir la válvula V5. c. Cerrar la válvula V4. d. Abrir la válvula V3. 	Filtro No 2. <ol style="list-style-type: none"> a. Cerrar la válvula V10. b. Abrir la válvula V9. c. Cerrar la válvula V8. d. Abrir la válvula V7.
Filtro No 3. <ol style="list-style-type: none"> a. Cerrar la válvula V14. b. Abrir la válvula V13. c. Cerrar la válvula V12. d. Abrir la válvula V11. 	Filtro No 4. <ol style="list-style-type: none"> a. Cerrar la válvula V18. b. Abrir la válvula V17. c. Cerrar la válvula V16. d. Abrir la válvula V15.
Filtro No 5. <ol style="list-style-type: none"> a. Cerrar la válvula V22. b. Abrir la válvula V21. c. Cerrar la válvula V20. d. Abrir la válvula V19. 	

Los movimientos de operación de las válvulas deben ser lentos.

	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022
		Página: 15 de 22	

La cantidad utilizada de agua de lavado está comprendida entre el 1.0% y 2.5% del agua filtrada en una carrera de filtración y se calcula:

$$\%_{\text{lavado}} = \frac{V_{\text{lavado}}}{V_{\text{Filtrada}}} * 100$$

Una cantidad mayor indica una anomalía en el tratamiento o lecho del filtro.

6.3. PRECAUCIÓN EN LA OPERACIÓN DE VÁLVULAS

- a. Las válvulas se deben abrir y cerrar lentamente para prevenir el golpe de ariete.
- b. No se debe permitir que las válvulas se cierren forzosamente, para evitar que se peguen.
- c. La apertura rápida de la válvula de agua filtrada puede abrir grietas o canales en el lecho filtrante ocasionando pobres resultados en la remoción de bacterias y arrastre de arena al sistema de drenaje. El lavado superficial realizado al mismo tiempo que el retrolavado evita la formación de bolas de lodo.
- d. Las fisuras en el lecho del filtro (grietas) dan como resultado el paso de agua sin filtrar.
- e. Cuando el filtro está en operación el paso del agua a través del lecho produce escapes de oxígeno y de otros gases. Si el sistema de drenaje es muy pequeño se forman vacíos que atrapan dichos gases y forman las denominadas bolsas de aire.

6.4. LA 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, todavía hay suficiente número de ellos que hacen el agua impotable, por lo que es necesario eliminar esos organismos mediante la desinfección.

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

6.5. ACTORES QUE INFLUYEN EN LA DESINFECCIÓN

Hay muchos factores que influyen en la desinfección del agua y que por lo tanto deben tenerse en cuenta:

- a. La naturaleza y número de los organismos patógenos que van a ser destruidos.
- b. El tipo y concentración del desinfectante usado.
- c. La temperatura del agua.

La temperatura del agua afecta considerablemente la acción desinfectante del cloro residual, con una temperatura mayor, siendo iguales todos los demás factores, la concentración del cloro debe ser mayor.

- d. El tiempo de contacto de los desinfectantes con el agua, normalmente se recomienda un periodo de contacto de 30 minutos.

 UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022

Tiempo y reacción son dos factores que están íntimamente ligados, pues de los dos depende lo siguiente:

- La duración del período de reacción disponible para la desinfección.
- La cantidad y clase de cloro residual.

Si tiene que contarse con el cloro combinado, que es un desinfectante débil, debe proporcionarse una concentración mayor que actúa sobre un tiempo también mayor.

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

- e. La naturaleza del agua que va a ser desinfectada.
- f. El pH (acidez, alcalinidad) del agua.

El pH del agua afecta la acción desinfectante del cloro, especialmente la del cloro residual combinado, lo cual puede plantearse así:

A mayor pH (entre 7.5 y 8.3) mayor residual.

A menor pH (entre 5.0 y 6.0) mayor desinfección.

- g. La mezcla; una buena mezcla asegura la adecuada dispersión del desinfectante.
- h. El punto de aplicación, después de la filtración y antes de la corrección del pH de saturación.
- i. Precloración.

6.6. LA CLORACIÓN

En la cloración se manejan conceptos que el operador debe conocer, razón por la cual se exponen en forma resumida.

El cloro es un gas tóxico de color amarillento-verdoso y olor penetrante especialmente irritante del aparato respiratorio y de la membrana mucosa, se encuentra en la naturaleza en estado gaseoso combinado con otros elementos, es más pesado que el aire, por esta razón en sitios donde hay escapes debe evitarse estar en partes bajas y si se detectan escapes de gas no debe agregar agua.

El cloro también se encuentra en estado líquido (licuificado por compresión) y en esta forma causa quemaduras en la piel, el cloro líquido es más pesado que el agua, vaporiza a baja temperatura y presión atmosférica normal y se disuelve fácilmente en el agua.

6.7. ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA OPERACIÓN DEL CLORADOR.

En la operación de los cloradores se pueden distinguir tres aspectos:

- a. Manejo y almacenamiento: La capacidad de los cloradores, que se expresa en libras o kilos por veinticuatro horas, debe ser suficiente para satisfacer la cantidad de cloro requerida para su desinfección.

 UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS®	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022

- b. La dosificación de cloro: La dosis de cloro obedece a la cantidad determinada en el estudio de tratabilidad y salvo que se presenten casos especiales debe variarse a criterio del operador.

La distribución se lleva a cabo en tres etapas:

- Primera etapa: todo el cloro residual aplicado es consumido por, los metales del agua y la materia orgánica (sedimento depositado en el sistema). Esta etapa puede acortarse mediante una limpieza progresiva del sistema de distribución, comenzando en la planta de tratamiento, para terminar en las líneas de distribución más alejadas, durante esta etapa no se detecta ningún tipo de residual en el sistema.
- Segunda etapa: cuando la demanda inicial ha sido satisfecha y el residual de cloro es estable. Esta etapa se identifica por la presencia de cloro residual combinado.
- Tercera etapa: Finalmente las demandas anteriores han sido satisfechas y se empieza a detectar cloro residual libre.

6.8. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL CLORADOR

Para una operación adecuada, el equipo de cloración requiere cuidados y atención. Debe ponerse a disposición del operador del equipo las recomendaciones e instrucciones del fabricante y éstas deben seguirse estrictamente.

Es indispensable que el operador se familiarice completamente con el equipo, de manera que esté en aptitud para hacer los ajustes necesarios y las reparaciones menores.

Es primordial que se tomen precauciones para asegurar la aplicación continua del cloro que se va a tratar; Debe tenerse especial cuidado para prevenir cualquier ruptura en el equipo, se deben tener cloradores duplicados para que el equipo de reserva pueda ponerse en servicio inmediatamente que se necesite. Deben tenerse a mano piezas de repuesto, válvulas reguladoras, juntas y empaques, etc., para que las reparaciones puedan hacerse fácilmente. También debe tenerse disponible para uso inmediato equipo auxiliar, como bombas eléctricas o a gasolina.

6.9. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS

El procedimiento para la determinación de la dosis de cloro para producir un residual de cloro libre puede tomar alrededor de 4 a 8 semanas, dependiendo del estado del sistema y del personal de operación disponible. En el sistema se dan los siguientes pasos:

- a. Limpiar con agua a presión todo el sistema de distribución (tuberías, tanques y otros)
- b. Iniciar la aplicación de cloro al agua filtrada.
- c. tomar muestras de agua simultáneamente a la salida de la planta y en un punto central del sistema de distribución.
- d. Determinar la cantidad de cloro residual presente en la muestra.
- e. Después de una semana de aplicación y muestreos continuos, aumentar la dosis en 0.1 mg/l.

	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022
		Página: 18 de 22	

- f. Continuar aumentando la dosis de semana en semana hasta establecer la presencia de 0.2 mg/l de cloro residual libre en el centro del sistema de distribución.

Durante la etapa de producción de cloro residual combinado se presentan problemas de olor y sabor a cloro.

6.10. PELIGROS PARA LA SALUD

Se debe tener a la mano la hoja de datos de seguridad del producto que se está utilizando y seguir las recomendaciones allí especificadas.

6.11. RESUMEN DE EMERGENCIA

Gas verde amarillento o líquido ámbar (licuado bajo presión), de olor picante e irritante.

FUERTE OXIDANTE. Es un producto altamente reactivo y las reacciones en las que interviene son fuertemente exotérmicas. El contacto con materiales combustibles o con compuestos orgánicos, puede causar incendio o explosión, o puede reaccionar en forma violenta o explosiva con muchas otras sustancias. Reacciona con el agua y con la humedad del ambiente para formar ácido clorhídrico e hipocloroso, altamente corrosivos. Peligroso en espacios confinados.

ALTAMENTE TÓXICO. Puede resultar fatal si se inhala. Extremadamente irritante para el sistema respiratorio. El gas licuado puede causar congelación y lesiones corrosivas en los ojos y la piel. Puede causar quemaduras químicas y daño permanente, incluyendo ceguera. Altamente tóxico para organismos acuáticos. Como gas es más pesado que el aire. Se debe evitar el escape como cloro líquido (al evaporarse como gas ocupa aprox. 460 veces más volumen que como líquido) Puede causar daños a la vegetación. Para mayor información lea toda la Hoja de Seguridad.

6.12. EFECTOS POTENCIALES SOBRE LA SALUD:

General: El cloro en condiciones normales se encuentra como gas a temperatura ambiente y la ruta más probable de exposición es la inhalación, seguida de la exposición por los ojos o la piel. El cloro licuado puede congelar el tejido cutáneo.

Inhalación (Es la vía principal de exposición): El cloro es un irritante severo de la nariz, garganta y tracto respiratorio. Las personas que se exponen al cloro, aunque sea por cortos periodos de tiempo, pueden desarrollar tolerancia a su olor y a sus propiedades irritantes.

En exposiciones ligeras los síntomas incluyen rinitis, tos, dolor de cabeza, garganta irritada, dolor pectoral, náuseas y déficit en la función pulmonar. Después de exposiciones más severas los síntomas clínicos incluyen traqueo bronquitis ulcerativa, edema pulmonar, falla respiratoria y la muerte.

A continuación, se presenta una lista de umbrales de exposición y sus efectos clínicos estimados:

 UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022

- 0.2 – 0.4 ppm: Umbral de olor (con considerable variación entre una y otra persona) (la percepción de olor se reduce con el tiempo).
- 1.0 – 3.0 ppm: Irritación ligera de la membrana mucosa, la cual se tolera hasta por una hora.
- 5.0 – 15.0 ppm: Irritación moderada del tracto respiratorio.
- 30 ppm: Dolor pectoral, vómito y tos inmediatos.
- 40 – 60 ppm: Neumonitis tóxica y edema pulmonar.
- 430 ppm: Letal en 30 min o más.
- 1000 ppm: Mortal en unos pocos minutos.

Contacto con la piel: El gas en el aire puede irritar y quemar la piel. El contacto directo con el gas licuado puede causar congelación o “quemadura química”. Los síntomas de la congelación ligera incluyen adormecimiento, picazón y comezón en el área afectada. Los síntomas de un congelamiento más severo incluyen una sensación de quemadura y endurecimiento del área afectada, puede tomar una tonalidad blanca o amarillenta.

Contacto con los ojos: El gas cloro es un severo irritante de los ojos. Se puede observar irritación, sensación de quemadura, parpadeo rápido, enrojecimiento y lagrimeo de los ojos, en concentraciones de 1 o más ppm. El contacto directo con el cloro puede causar congelación, quemaduras y daño permanente, incluyendo ceguera.

Ingestión: Aunque no es una ruta probable de exposición para gases, si llegara a ocurrir puede causar quemaduras severas, en boca, esófago y estómago, acompañado de náuseas, dolor, vómito, pudiendo ser fatal.

Condiciones médicas existentes que posiblemente se agraven por la exposición: Asma, bronquitis, enfisema y otras enfermedades pulmonares, así como las condiciones crónicas de la nariz, los senos nasales, la garganta y el corazón.

Efectos crónicos: Algunos estudios reportados en la literatura no han mostrado efectos importantes sobre el sistema respiratorio en personas con exposición al cloro a largo plazo y con niveles bajos (menos de 1 ppm). No se encuentra relación alguna entre la exposición al cloro y la frecuencia de resfriados, dificultades respiratorias y ritmo cardiaco anormal o dolores pectorales. No se observaron efectos significativos en la función pulmonar. Por lo contrario, las personas que han experimentado una o más exposiciones al cloro con concentraciones que hayan producido efectos a corto plazo sobre su salud, tienden a mostrar disfunción pulmonar a largo plazo.

Carcinogenicidad: El cloro no está clasificado como cancerígeno en la ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales) y en la IARC (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer), no está regulado como cancerígeno por OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) y no está en listado como cancerígeno por el NTP (Programa Nacional de Toxicología Norteamericana).

	PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CAMPUS BOQUEMONTE		
	Código: MN-GCL-05	Versión: 01	Fecha de aprobación: 07/09/2022

6.13. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Antes de intentar un rescate tome las precauciones adecuadas para garantizar su propia seguridad, (es decir, use el equipo de protección adecuado e ingrese al área siempre acompañado). Retire a la víctima del área contaminada. Tan pronto como el gas entra en la garganta la víctima sentirá una repentina contracción (forma natural de evitar la entrada a los pulmones). Si se le dificulta la respiración, puede ser beneficioso el suministro de oxígeno si es administrado por personal capacitado y bajo la supervisión de personal médico. No permita que la víctima se mueva si no es necesario.

Los síntomas de edema pulmonar pueden aparecer hasta 48 horas después de la exposición. En caso de que la víctima no esté respirando suministre respiración artificial, preferiblemente con ayuda de equipos de primeros auxilios. Proporcione resucitación cardiopulmonar si no hay pulso ni respiración. **BUSQUE ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE. LA GRAVEDAD DEPENDE DEL TIEMPO Y LA CONCENTRACIÓN DE LA EXPOSICIÓN. LA RAPIDEZ ES ESENCIAL.**

Contacto con la piel: Retire rápidamente a la víctima del lugar contaminado y lave el área afectada con una corriente de agua, en lo posible tibia, durante min. 20 min. Gas licuado: **NO TRATE** de elevar de nuevo la temperatura del área afectada en el sitio del accidente. **NO FROTE** el área ni le aplique calor. Retire cuidadosamente la ropa o joyas que puedan restringir la circulación. Recorte cuidadosamente la ropa alrededor de la que este pegada a la piel y retire el resto de la prenda. Cubra sin apretar el área afectada con una gasa estéril. **NO PERMITA** que la víctima beba alcohol o fume, **BUSQUE ATENCIÓN MEDICA INMEDIATAMENTE.**

Contacto con los ojos: Enjuague inmediatamente los ojos con agua preferiblemente tibia, durante 20 minutos mínimo. En caso de presentarse quemaduras en los ojos, cúbralos con gasa estéril. **BUSQUE ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE.**

Ingestión: Si llegara a ocurrir y la persona esta consiente dé abundante agua. No induzca al vómito, pero si éste ocurre lave, y de a beber más agua. Mantenga a la víctima en reposo y caliente. **BUSQUE ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE.**

Nota para los médicos: Después de la exposición, el paciente debe permanecer bajo cuidado médico durante un mínimo de 48 h, ya que puede ocurrir un edema pulmonar tardío. Las evaluaciones médicas cuando presenten síntomas de irritación en la piel, ojos o tracto respiratorio superior. Cada emergencia es única y depende del grado de exposición al cloro. Algunos tratamientos exitosos encontrados en las referencias son los siguientes, sin embargo, siga siempre su criterio: Mantenga a la víctima en reposo y abrigada. Suministre oxígeno húmedo a una presión inferior a 4 cm de columna de agua o 10 a 15 litros por minuto. Considere el suministro de sedantes en caso de ansiedad, y falta de reposo, así como el uso de cortico esteroide en aerosol, beta adrenérgicos y broncodilatadores, expectorantes y antibióticos para el edema y bronconeumonía. Vigile de cerca el desarrollo del edema y bronconeumonía después de una exposición severa al cloro.

6.14. MEDIDAS CONTRA INCENDIOS

Punto de Inflamación No es combustible, pero es un fuerte oxidante, por lo que puede fomentar y alimentar un fuego; presenta un serio riesgo de incendio. En algunos casos forma mezclas explosivas con algunos gases inflamables.

BOMBA DOSIFICADORA DE PRODUCTOS QUIMICOS

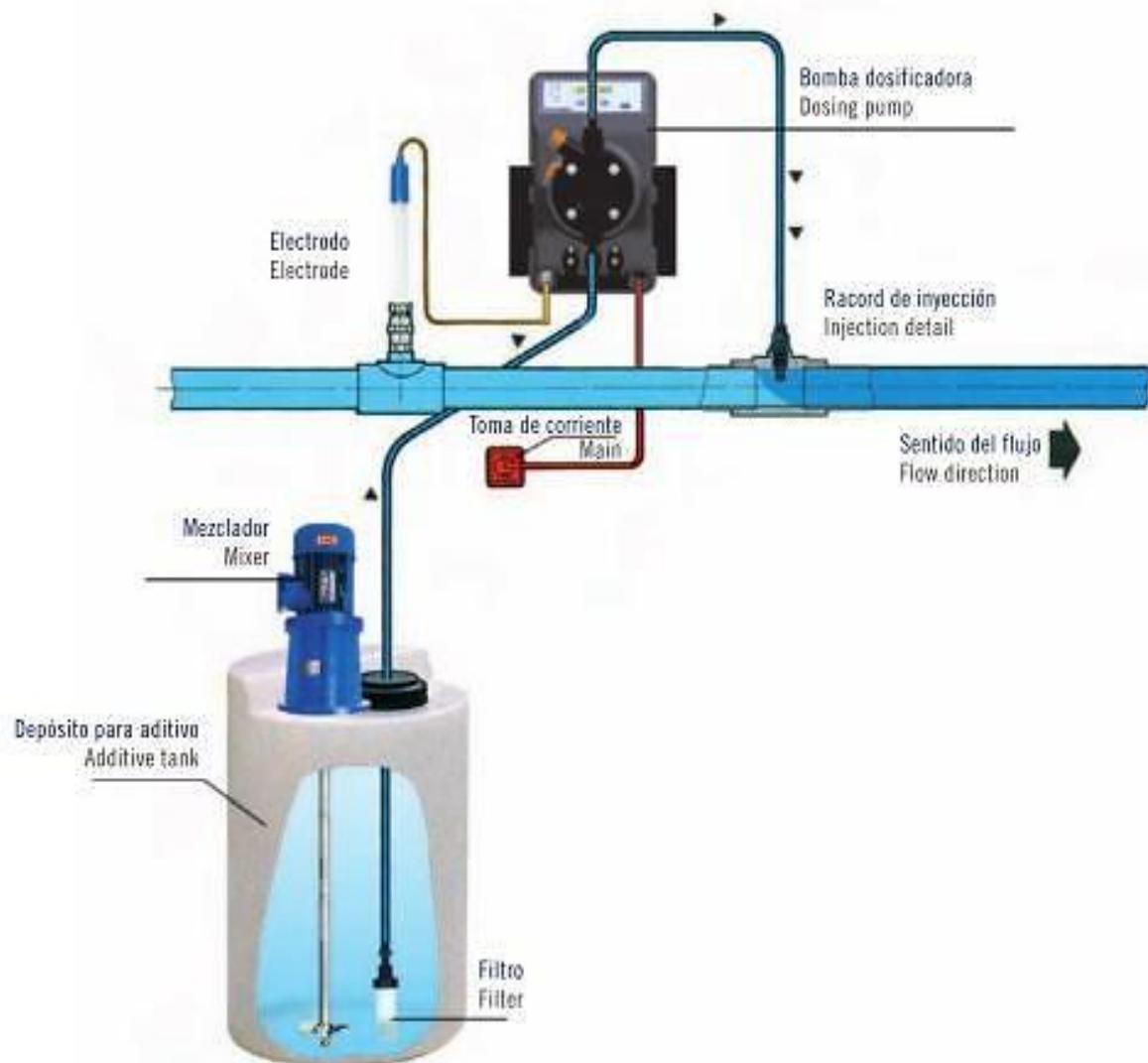
Marca:

Modelo:

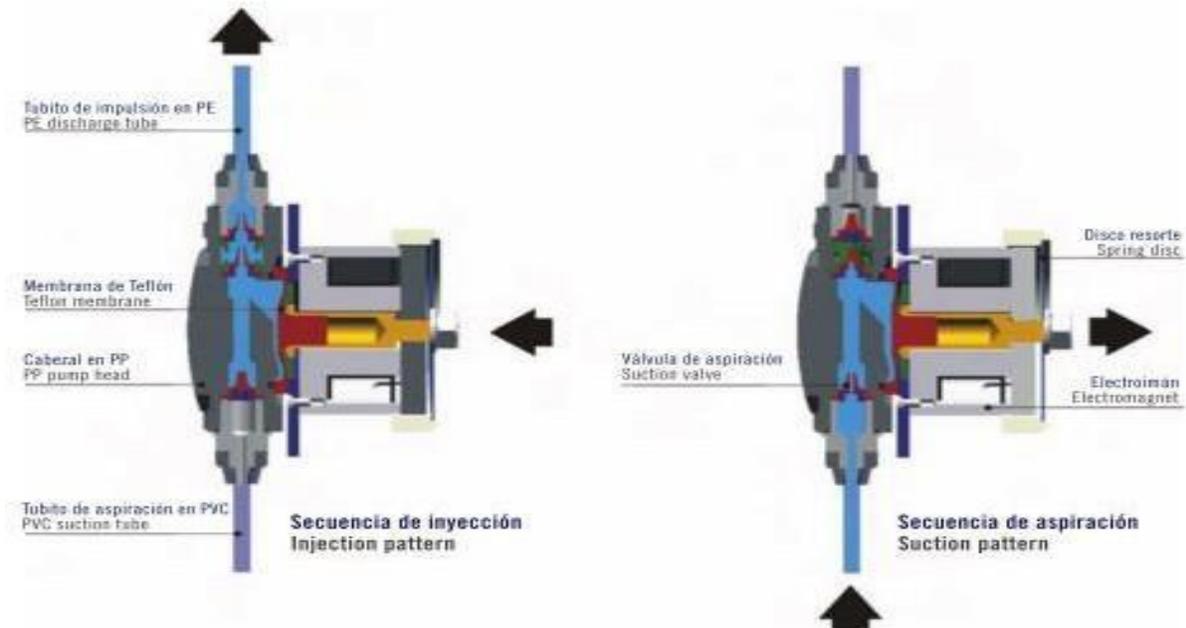
Caudal máximo: 2 lt/hora

Presión máxima: 10 bar.

Instalación.



Principios de funcionamiento.



7. FLUJOGRAMA

No aplica.

8. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Memorias de cálculo de la planta de tratamiento de agua potable para un caudal de 20 litros por segundo.

9. LISTADO DE ANEXOS

Este documento no contiene anexos.

10. HISTORIAL DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Cambios	Elaboró / Modificó	Revisó	Aprobó
01	07/09/2022	Documento nuevo.	Sharons Quevedo <i>Prof. de apoyo ambiental</i>	Laura Palma <i>Prof. de apoyo ambiental</i>	Samuel Betancur <i>Asesor de Planeación</i>