MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Contenido

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUA POTABLE RIOHACHA 3
1.1. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN 5
1.2 CAUDAL A TRATAR 5
2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO. 5
2.1. BANDEJAS DE AIREACIÓN. 5
2.2. TANQUE DE ALIMENTACION FILTROS A PRESIÓN 6
2.3. DISEÑO FILTROS A PRESION. 7
2.3.1. Especificaciones lechos filtrantes 8
2.3.2. Lavado de filtros 8
2.4. SISTEMA DE FILTRACION POR MEMBRANAS 9
2.4.1. OSMOSIS INVERSA. 10
2.5. TRATAMIENTO DE LODOS. 10
3. ASPECTOS GENERALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. 12
3.1. TORRE DE AIREACIÓN. 12
3.2. TANQUE ALIMENTACIÓN FILTROS A PRESIÓN 12
3.3. FILTROS A PRESION. 13
3.4. SISTEMA DE FILTRACIÓN POR MEMBRANAS. 14
3.5 SISTEMA TRATAMIENTO DE LODOS. 14
3.6 REGISTROS. 15
4. OPERACIÓN DE LA PLANTA 16
TABLA DE CONTROL DE CLORO Y PH. 16
4.1. OPERACIÓN DIARIA 17
5. LIMPIEZA DE MEMBRANAS Y RECOMENDACIONES GENERALES 18
5. DESINFECCIÓN 20
6. GUÍA DE FALLOS Y SOLUCIÓN 21
7. LA GARANTÍA NO ES VÁLIDA PARA: 25

Figura 1. Esquema general planta de tratamiento agua potable 4
Figura 2. Esquema tratamiento primario. Torre de aireación 6
Figura 3. Sistema de filtración a presión. 7
Figura 4. Corte longitudinal lechos de secado 11
Figura 5. Dosificación de cloro por pastillas 21

Tabla 1. Población Sede Riohacha 5
Tabla 2. Dimensiones lechos de secado 11
Tabla 3. Fallos en el sistema de tratamiento y solución 21
Tabla 4. puesta en marcha y seguimiento 24

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUA POTABLE RIOHACHA

Actualmente, la sede Sena de Riohacha se abastece bombeando agua sin tratamiento desde un pozo profundo hasta un tanque de almacenamiento y la distribuye a las diferentes instalaciones de la sede.

Según los resultados de calidad de agua, el agua del pozo profundo se caracteriza por tener altas concentraciones de sólidos disueltos reflejadas en conductividades por encima de 1000 micro siemens/cm y altas concentraciones de cloruros; no obstante, otros parámetros como turbiedad, color y sólidos suspendidos están por debajo de lo establecido por el decreto 1575 de 2007, lo que indica que el tratamiento debe centrarse en la remoción de solidos Disueltos. Para ello, en la fase de alternativas se seleccionó un tratamiento por filtración y ósmosis inversa.

El tratamiento propuesto consiste en que el agua será bombeada desde pozo el profundo y se elevará hasta una torre de aireación compuesta por cuatro bandeas (tres de contacto y una receptora) en cuyo interior se dispondrá de un material de contacto plástico tipo *"Pall Ring*". El agua pasará por las cuatro bandejas de la torrea de aireación, con el objetivo de oxidar y remover algunos componentes característicos de aguas de pozo profundo como hierro y CO_2 y facilitar los procesos posteriores.

Una vez el agua pasa a través de la torre de aireación será recolectada en un tanque construido en fibra de vidrio circular ubicado en la parte inferior de las bandejas, el cual tiene dos funciones: (i) alimentar tres filtros a presión de lecho mixto de arena y antracita, y (ii) también servirá como un sedimentador de algunas pequeñas partículas de hierro oxidado que no fueran retenidas en la torre de aireación.

El agua sedimentada, se enviará a los filtros a presión ubicados a una cota inferior del tanque y operarán completamente a gravedad, entregado el agua filtrada un tanque en fibra de vidrio de 5000 Litros desde donde se bombeará el agua filtrada a un sistema compacto de tratamiento por membranas, cuyo principal proceso será de ósmosis inversa para la remoción de sólidos suspendidos y cloruros. Este último tratamiento será suministrado como un equipo paquete por un proveedor especializado, quien entregará todos los accesorios, sensores, tableros de control y bombas de alimentación necesarias para el buen funcionamiento del equipo, tal como se describe el capítulo 2.3.

Finalmente, al agua tratada se le agregará cloro y se conectará a la red existente que la transporta hasta un tanque cisterna desde donde es bombeada y distribuida para el consumo a los diferentes puntos del centro de formación.

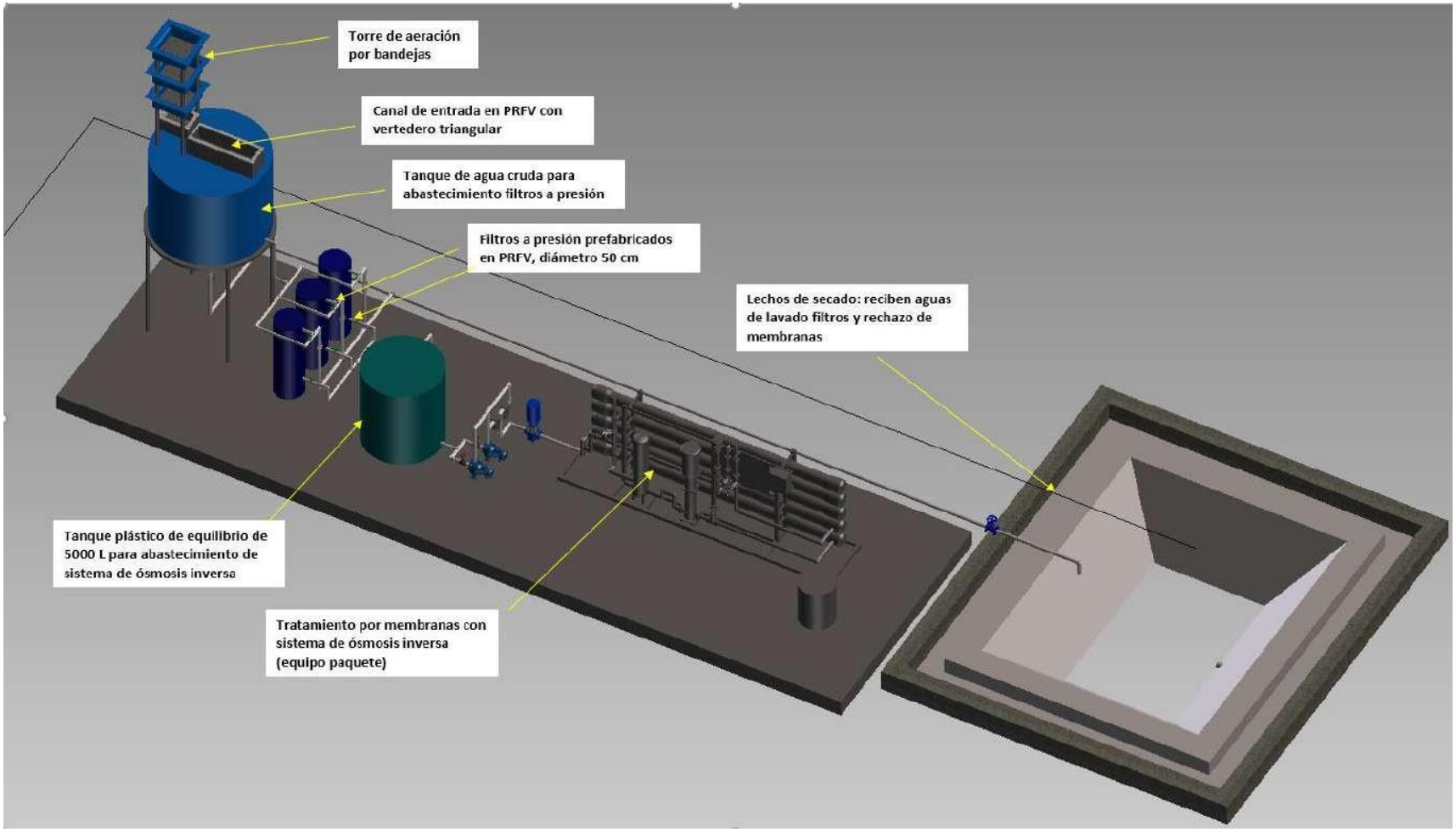


FIGURA 1. ESQUEMA GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA POTABLE

1.1. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DISEÑO

De acuerdo al diseño entregado por la firma consultora GEOSYGMA INGENIERIA S.A.S, en el año 2016, se presenta una proyección de población para la Sede Riohacha de 2250 personas ver Tabla 1.

TABLA 1. POBLACIÓN SEDE RIOHACHA

BLACIÓN	DE RIOHACHA
TAL	0

Fuente: GEOSYGMA INGENIERIA S.A.S 2016

1.2 CAUDAL A TRATAR

La planta tendrá un caudal de diseño de 3.0 L/s y operará 12 horas al día, según lo establecido por la consultoría GEOSYGMA INGENIERIA S.A.S en el estudio 2016, estudio que fue tomado como base para la actualización del diseño.

2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.

El diseño inicia desde las bandejas de aireación y se asume que las bombas del pozo profundo entregan el caudal de diseño.

La planta tendrá un caudal de diseño de 3.0 L/s y operará 12 horas al día, según lo establecido por la consultoría GEOSYGMA INGENIERIA S.A.S en el estudio 2016, estudio que fue tomado como base para la actualización del diseño.

2.1. BANDEJAS DE AIREACIÓN.

En dimensionamiento geométrico de las bandejas, está de acuerdo con la resolución 330 de 2017, de acuerdo al caudal a tratar.

- CARGAS SUPERFICIALES DE 500 A 1500 m/d.
- NÚMERO DE BANDEJAS: 3 A 9
- ALTURA DE BANDEJA: 0.2 – 0.25 M
- DIÁMETRO MEDIO ORIFICIOS: 0.5 – 0.6 CM
- MATERIAL CONTACTO: ANILLOS DEL TIPO PALL RING
- TAMAÑO MATERIAL CONTACTO: 4 A 12 CM
- ESPESOR DEL LECHO DE CONTACTO: 0.15 A 0.20 M

De acuerdo al diseño, se establecieron tres bandejas de aeración: tres con material de contacto en su interior- y una cuarta bandeja (Sin material) que recibirá el agua. El material de contacto será plástico tipo Poul Ring o el que el fabricante, según su experiencia, considere el más adecuado para la remoción de hierro.

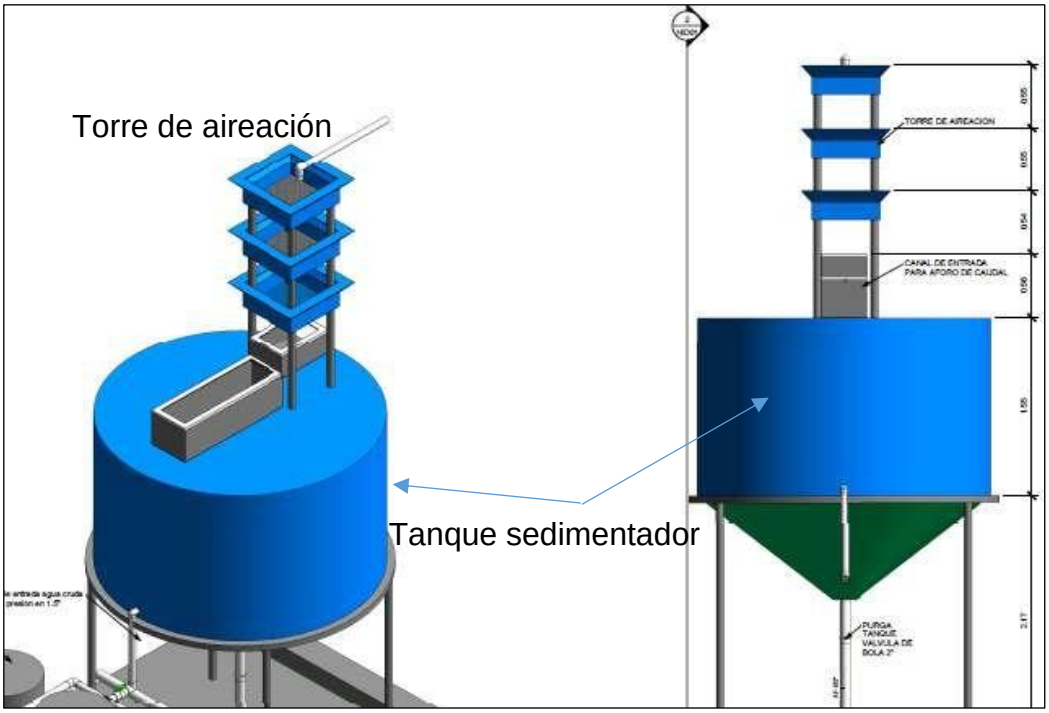


FIGURA 2. ESQUEMA TRATAMIENTO PRIMARIO. TORRE DE AIREACIÓN

2.2. TANQUE DE ALIMENTACION FILTROS A PRESIÓN

El agua cruda que previamente pasó a través de las bandejas será enviada a un tanque circular prefabricado en Fibra de vidrio de 2.50 m de diámetro, 8.1m^3 de volumen y una altura total de 3.70 m desde el piso.

Este tanque tiene las siguientes funciones:

- Servir como soporte para la torre de aireación
- Recibir el agua previamente aireada y alimentar los filtros a presión ubicadosa una cota inferior.
- Mantener un volumen de agua suficiente para el retro lavado de los filtros a presión con caudal suficiente para generar velocidades de lavado adecuadas: por encima de 60 cm/min.
- Servir como un sedimentador previo a la filtración para la remoción de sólidos que pueda tener el agua

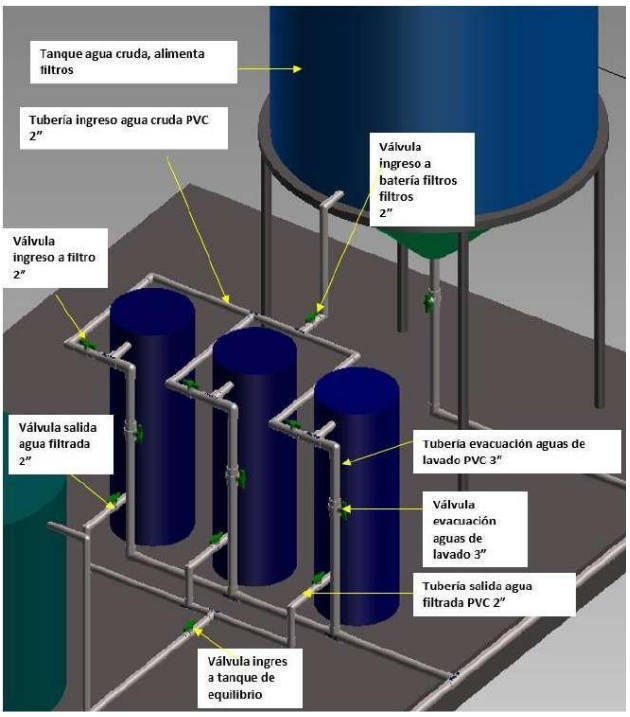


FIGURA 3. SISTEMA DE FILTRACIÓN A PRESIÓN.

El volumen del tanque determinó asumiendo que se tenga la capacidad de almacenar el volumen necesario para lavar los tres filtros con el caudal de lavado.

$$Vol \ = \ 4.5 \ L/s \ x \ 600 \ segundos \ x \ 3 \ = \ 8100 \ L \ = \ 8.1 \ m3$$

2.3. DISEÑO FILTROS A PRESION.

Como un pretratamiento al sistema de ósmosis inversa, se proyectó una batería de filtración rápida compuesta por tres filtros a presión descendente de arena, grava y antracita. Los filtros serán fabricados en fibra de vidrio con un diámetro de interno de 50 cm y una altura interna de 1.55 cm.

Estos filtros serán alimentados desde un tanque de 8.1 m^3 capacidad, el cual estará ubicado a una cota superior con el fin de tener la energía suficiente para el procesode filtración y retro lavado.

Cada filtro contará con su válvula de entrada de agua, válvula de salida de agua filtrada y válvula de evacuación de agua de retro lavado. La Figura 3 presenta un esquema de los principales componentes del filtro proyectado.

2.3.1. Especificaciones lechos filtrantes

A continuación, se presentan las características de los lechos filtrantes proyectadoscon las cuales se determinan las diferentes pérdidas.

PARÁMETRO	FILTRACIÓN LENTA CON LECHO SIMPLE	FILTRACIÓN RÁPIDA CON LECHO SIMPLE	FILTRACIÓN RÁPIDA CON LECHO MIXTO
TASA DE FILTRACIÓN	7 - 14	<120	180 - 350
PROFUNDIDAD DEL MEDIO	0.8 – 1.0	0.6 - 0.9	ANTRACITA: 0.4 - 0.6 ARENA 0.15 - 0.3

2.3.2. Lavado de filtros

Para evaluar el proceso de lavado de los filtros se debe determinar la velocidad mínima necesaria para lograr el rango de expansión propuesto por la resolución 0330 de 2017.

Para el lavado de los filtros se debe determinar un caudal que permita una velocidad ascensional de lavado mayor a 0.6 m/min. Para este caso, se asumirá una velocidadde lavado de 0.7 m/min y se determinará cual es el caudal necesario para generar dicha velocidad. Para ello, se partirá de la siguiente ecuación:

$$Vasc = \frac{QL}{Af}$$

Dónde:
QL: Caudal de lavado = 4.5 L/s

Af área de un filtro = 0.38 m^2

$V_{ascensional}$ = Velocidad de lavado asumida = 0.012 m/s = 0.70 m/min.

Para lograr una velocidad de lavado de 0.7 m/min se necesita lavar cada filtro con un caudal de 4.5 L/s durante 8 a 10 minutos. Este caudal será suministrado por el tanque elevado que alimentará los filtros a presión.
Si bien el caudal de lavado es mayor al caudal de diseño de la planta (3.0L/s), el

volumen para el lavado de los filtros se puede almacenar rápidamente en el tanque

cerrando la válvula que alimenta los filtros por unos 15 minutos. Esta actividad se puede hacer en el tiempo que la planta esté fuera de operación - la planta operará 12 horas al día-, por lo tanto, se puede dejar el tanque lleno al final de la jornada de operación para lavar los filtros a día siguiente antes de poner en funcionamiento la planta.

La hidráulica de lavado consiste en determinar todas las pérdidas de lavadogeneradas por el caudal de 4.5 L/s y verificar si estas son menores o mayores que la altura disponible por el tanque de lavado. Si las pérdidas totales son menores, indica que hay suficiente energía para lavar desde el tanque, por el contrario, si sonmayores quiere decir que el caudal de lavado será menor al definido previamente.

En el anexo de memorias de cálculo se presentan en detalle las pérdidas de lavado,a continuación, se presenta un resumen de las mismas

Perdidas de lavado	lor (m)
Perdidas Antracita	118 m
Pérdidas Arena	2409
Perdidas grava	0935
Pérdidas falso fondo	057
Pérdida entrada falso fondo (orificio de 1.5”	19
rdidasfricción tuberías	1252
rdidas menores	**41**
TAL	23

2.4. SISTEMA DE FILTRACION POR MEMBRANAS

El agua previamente filtrada se almacenará en un tanque de equilibrio de 5000 L desde donde se bombeará al sistema de tratamiento de membranas.

Se considera que el sistema propuesto en el diseño de GEOSYGMA INGENIERIA

S.A.S (2016), es adecuado y permite la remoción de los sólidos disueltos y cloruros, por lo que se mantendrán la misma especificación de los equipos dada en dicho estudio.

- Refinado del agua después de la filtración con arena, pasando luego por un sistema de membranas (osmosis inversa).

A continuación, se toma textualmente la descripción del sistema propuesto por GEOSYGMA INGENIERIA S.A.S (2016), en el informe "ESTUDIOS Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN PARA DOS INSTITUCIONES DEL SENA EN LA SEDE INDUSTRIAL DE RIOACHA Y MAICAO (GUAJIRA)".

2.4.1. OSMOSIS INVERSA.

El objeto de la unidad de Osmosis Inversa es tratar el agua una vez pasada por los procesos anteriores y obtener concentraciones de sólidos en el permeado muy inferiores a 500 mg/L. Esto evitará, a través del tiempo, la concentración extremada en sólidos disueltos por el sistema. Por tratarse de tamaños de poro muy pequeños por donde va a pasar el permeado se requerirá de bombas multietapa que trabajen a presiones elevadas. La tecnología se basa en la aplicación de presión sobre una Disolución concentrada para forzar el paso de la misma a través de membranas semipermeables. Con ello, se provoca la retención de gran parte de las sales disueltas obteniendo un agua con concentración salina inferior a la disolución de partida.

Con el uso de la ósmosis inversa es posible realizar tanto separaciones como procesos de concentración. Los equipos de ósmosis inversa son capaces de separar un alto porcentaje de las sales disueltas, muy útil para adecuación de efluentes de todo tipo, desalinización de aguas, separación de elementos extraños, metales pesados, eliminación de compuestos orgánicos.

Mediante la unidad de ósmosis inversa es posible desalinizar el agua de aporte y reducir los valores de conductividad a unos parámetros adecuados. El sistema de control de los equipos permite alcanzar los valores correctos de conductividad para disponer de un caudal de agua con la calidad requerida.

Se instalará además un (1) sistema de control en línea para asegurar cloro residual libre en la red de distribución del SENA; de esta manera evitará el crecimiento microbiano en la red y en los tanques de almacenamiento".

2.5. TRATAMIENTO DE LODOS.

Debido a que el agua cruda de pozo profundo tiene turbiedad bastante baja (0.5 UNT), la producción de lodos es prácticamente nula y está asociada, principalmente,a los sólidos que se van acumulando con el tiempo en los filtros de arena y que salen en las aguas del retro lavado de los mismos.

Teniendo en cuenta lo anterior, para el manejo de las aguas de retro lavado y de la solución concentrada de las sales, producto del caudal rechazado en la unidad de

ósmosis inversa, GEOSYGMA INGENIERIA S.A.S (2016) propuso una batería de lechos de secado compuesta por una celda de secado con las siguientes dimensiones:

TABLA 2. DIMENSIONES LECHOS DE SECADO

Ancho lecho	4 m.
Largo lecho	5 m
Borde libre	0.2 m
Espesor capa de arena	0.25 m
Espesor capa de grava	0.30 m
Profundidad capa de lodos	0.30 m

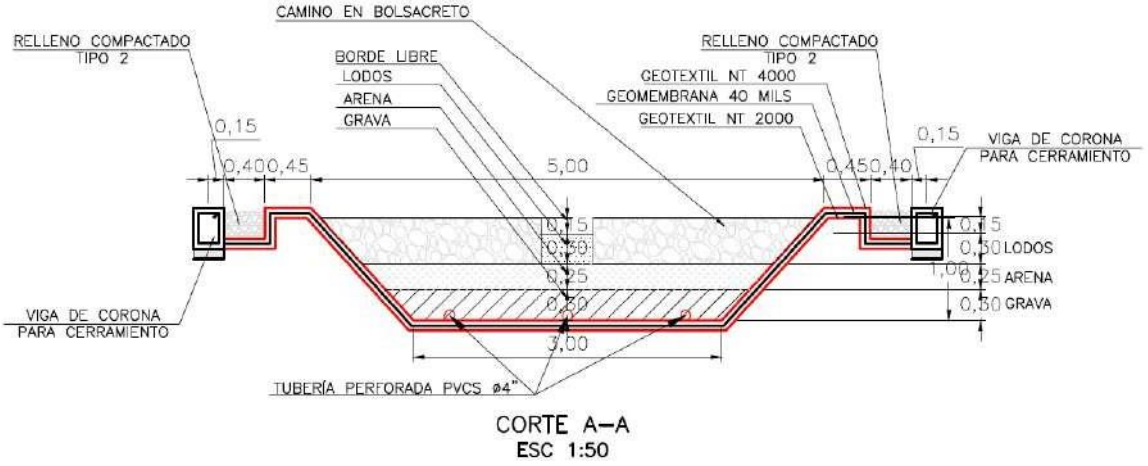


FIGURA 4. CORTE LONGITUDINAL LECHOS DE SECADO

La celda de secado estará ubicada adyacente a la planta y el percolado, producto del secado de lodos, será recogido en el fondo de cada celda por medio de tuberías perforadas y será entregado a gravedad al alcantarillado sanitario de la sede.

3. ASPECTOS GENERALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Para el control de los procesos se identifican las estructuras que componen la PTAP (planta de tratamiento de agua potable) y para cada uno se describen las labores de operación y mantenimiento básicas.

3.1. TORRE DE AIREACIÓN.

- La principal actividad de operación para este proceso consiste en revisar diariamente que no se presenten obstrucciones en los orificios de las bandejas y que el agua constantemente esté fluyendo de una bandeja a otra en forma de regadera.
- Otro aspecto a revisar es el color del medio de contacto, el cual, con el tiempo, irá adquiriendo un color naranja a café debido a la incrustación del hierro en la superficie del medio.
- Cuando se observe un color bastante intenso, se considera necesario realizar el lavado del medio de soporte. Para ello, se retira manualmente el material y se lava según indicaciones del proveedor del medio de soporte.

3.2. TANQUE ALIMENTACIÓN FILTROS A PRESIÓN

Este tanque, además de cumplir la función de abastecer a los filtros a presión, también servirá como un sedimentador previo donde se retienen el floc que se formen, bien sea por el proceso aplicación de coagulante, o lo precipitación de hierro debido al proceso de aireación previo.

Las actividades de operación de este tanque son:

- Purgar el lodo almacenando al menos una vez por semana abriendo la válvula ubicada en la parte inferior del tanque. La purga de este lodo se enviará al lecho de secado.

  La purga se hace hasta que, visualmente, se observe que el lodo comienza a aclarar en su color. Es decir, se espera que, al comienzo de la purga, el lodo almacenado en el fondo tenga un color café oscuro o naranja y que a medida que se va extrayendo dicho color comienza a ser más claro, en ese momento se cierra la válvula de purga para ya que es un indicador que el lodo ya se terminó de purgar.

- Al momento de lavar un alguno de los filtros a presión, se debe dejar llenar el tanque hasta su máximo nivel para tener el agua suficiente para el retro lavado, para ellos se cierra la válvula de salida del tanque que alimenta a los filtros y se deja que nivel suba hasta el máximo, una vez se logra dicho nivel, se procede con el retro lavado de los filtros.

3.3. FILTROS A PRESION.

Cada filtro contará con su válvula de entrada de agua, válvula de salida de agua filtraday válvula de evacuación de agua de retro lavado.

La principal actividad de mantenimiento de los filtros consiste en el retro lavado, la cual es crucial para mantener una buena calidad de agua filtrada y alargar la vida útil de lecho filtrante.

Para lograr una velocidad de lavado de 0.7 m/min (velocidad recomendada para buen lavado) se necesita lavar cada filtro con un caudal de 4.5 L/s durante 8 a 10 minutos. Este caudal será suministrado por el tanque elevado que alimentará los filtros a presión.

Si bien el caudal de lavado es mayor al caudal de diseño de la planta (3.0 L/s), el volumen para el lavado de los filtros se puede almacenar rápidamente en el tanque cerrando la válvula que alimenta los filtros por unos 15 minutos.

Esta actividad se puedehacer en el tiempo que la planta esté fuera de operación la planta operará 12 horas al día, por lo tanto, se puede dejar el tanque lleno al final de la jornada de operación para lavar los filtros a día siguiente antes de poner en funcionamiento la planta.

Si bien la secuencia exacta de operación de las válvulas para el retro lavado depende el proveedor de los filtros, en términos generales, el procedimiento del lavado de un filtro es el siguiente:

- Cerrar la válvula de entrada de agua del filtro que se va a lavar.
- Abrir la válvula de evacuación de retro lavado del filtro que se va a lavar ubicadaen la parte superior.
- Se debe cerrar la válvula general de salida de agua filtrada o de ingreso al tanque de equilibrio, con el fin de obligar a que toda el agua filtrada de los otrosdos filtros tenga que ingresar por la parte inferior del filtro que se quiere lavar y salga por la parte superior, por la tubería de evacuación de aguas de lavado–y se produzca el retro lavado. este proceso dura entre 8 a 10 minutos.
- Una vez pasado este tiempo, se cierra la válvula de evacuación de retro lavado, se abre la válvula de salida general de agua filtrada y, finalmente, se abre la válvula de entrada de agua del filtro que se estaba lavando.

3.4. SISTEMA DE FILTRACIÓN POR MEMBRANAS.

RO (Reverse Osmosis) u Osmosis Inversa es un proceso en el que el agua se alimenta a una membrana semipermeable. En la superficie de la membrana, el agua se separa de su contenido casi total de minerales disueltos. En este punto del proceso, el agua purificada, al pasar a través de la membrana, se captura y se convierte en agua permeada (también conocida como agua producida) y las aguas de rechazo o concentrado se envían al drenaje e incluso parte del mismo, por razones de diseño, pueden recircularse a la aspiración de la bomba de alta presión.

El agua previamente filtrada se almacenará en un tanque de equilibrio de 5000 L desde donde se bombeará al sistema de tratamiento de membranas. Este sistema se considera un equipo paquete, suministrado completamente al momento de la construcción de la PTAP, quien entregará un manual de operación específico y capacitación al personal encargado de la operación.

En términos generales, el equipo tendrá los siguientes componentes:

- Osmosis inversa.
- Capacidad equipo: 3.0 L/s
- Operación: automática
- Medidor de flujo tanto permeado como concentrado
- Dos manómetros de presión: entrada, rechazo
- Válvula de rechazo en acero inoxidable de pulgada
- Válvula solenoide en acero inoxidable de pulgada
- Bomba multietapa de alta presión: potencia del equipo depende del proveedor.
- Sensor digital de conductividad en línea
- Arrancador con protector de voltaje
- Sensor de alta y baja presión para evitar operación en vacío función de apagado automático previos llenado tanque agua producto.

Con respecto a las labores de mantenimiento, el operador deberá seguir las indicaciones y recomendaciones dadas por el fabricante y, en caso de presentarse fallas en el equipo, el operador deberá informar al jefe de planta para que contacte al proveedor y concretar las acciones pertinentes.

3.5 SISTEMA TRATAMIENTO DE LODOS.

Debido a que el agua cruda de pozo profundo tiene turbiedad bastante baja (0.3 UNT),la producción de lodos muy baja y está asociada, principalmente, a los sólidos que se van acumulando con el tiempo en los filtros de arena y que salen en las aguas del retrolavado

de los mismos.

La celda de secado estará ubicada adyacente a la planta y el percolado, producto del secado de lodos, será recogido en el fondo de cada celda por medio de tuberías perforadas y será entregado a gravedad al alcantarillado sanitario de la sede.

La operación de la celda se secado consiste en las siguientes actividades:

- Abrir y cerrar la válvula de entrada de lodo proviene de la planta. las fuentes de lodo son las siguientes: purga de tanque sedimentador, aguas de lavado de filtro y aguas de rechazo del sistema de osmosis inversa.
- La capa de lodo proyectada en diseño es de 30 cm, por lo tanto, al momento de llenar la celda con lodo procedente de la plana, se debe tratar de mantener esta altura de capa de lodo.
- Retirar manualmente con pala o rastrillo, la torta de lodo seco formada en la parte superior. este lodo se debe disponer en lonas y luego ser llevado a relleno sanitario. se estima que el lodo se seque en un lapso de 7 a 10 días.

3.6 REGISTROS.

Todos los aspectos observados y realizados durante la puesta en marcha, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento deben ser evaluados y anotados, esto permite llevar un registro histórico del funcionamiento de cada sistema o equipo de la planta de tratamiento. Estos registros permiten tomar medidas correctivas.

Los registros pueden llevarse en forma manual por medio de la planilla de datos para niveles bajo y medio de complejidad. Para este último caso, deben elaborarse hojas de control de los procesos a los que se les deben sacar resúmenes mensuales y anualesy un libro de bitácora en el que se registren todos los hechos importantes que ocurrandía a día en la operación de la planta.

Estos archivos deben contribuir a:

1. Ayudar al operador a resolver problemas de mantenimiento.
2. Permitir evaluar cambios en la calidad del agua cruda.
3. Permitir demostrar la calidad del agua tratada.
4. Ayudar a establecer los programas de mantenimiento preventivo.
5. Evaluar el consumo de reactivos para determinar los costos de tratamiento.
6. Proveer parámetros de diseño para futuras plantas de purificación.
7. Determinar la eficiencia de las operaciones y procesos de tratamiento.
8. Formular y establecer programas y requerimientos de optimización de la operación.

9. El libro de bitácora que permite al operador conocer los hechos relevantes ocurridos en los turnos anteriores.

4. OPERACIÓN DE LA PLANTA

OPERACIÓN DE ARRANQUE

1. Prepare la solución de los productos químicos tal cual se señala en el ítem preparación de químicos que se describe más adelante.
2. Inicie el bombeo de agua cruda hacia la torre de aireación.
3. Efectué lavada de filtros uno a uno, cerrando las válvulas F1, F2, F3, F8 y abra las válvulas F4, F7; en este momento la Planta empieza su proceso de lavado del filtro 1, lo cual demora aproximadamente treinta (30) min, la primera vez, hasta ver que el agua de lavado es clara. Luego cierre la válvula F4 y abra la F5 por el mismo lapso de tiempo, hasta ver que el agua de lavado es clara; por último, cierre la válvula F5 y abra la F6 por el mismo lapso de tiempo, hasta ver que el agua de lavado es clara.
4. Repita la anterior operación las veces que sea necesario hasta que queden perfectamente lavados los lechos de filtración.
5. Terminado este proceso cierre la válvula F6, F7 y abra las válvulas F1, F2, F3, F8, para dar paso al agua tratada hacia los tanques de almacenamiento (Este debe estar totalmente limpio y desinfectado).
6. Es el momento de ajustar los caudales de inyección de químicos por parte del departamento técnico de la empresa; Tome atenta nota de esta regulación ya que a partir de este momento los caudales aforados deben mantenerse invariables.
7. El proceso para la obtención de agua tratada demora aproximadamente tres (3) horas, puesto que este es el tiempo que tarda el paso del agua por todo el sistema y la reacción y acondicionamiento de los productos químicos adicionados.
8. Luego de varias horas (7 aprox.) de operación es el momento de tomar las muestras para el respectivo análisis de laboratorio. (No olvide revisar la inyección de cloro).

TABLA DE CONTROL DE CLORO Y PH.

FECHA	HORA	LUGAR DE MUESTREO	pH	CLORO	RESPONSABLE

4.1. OPERACIÓN DIARIA

La operación diaria de este tipo de Planta es muy sencilla, ya que consiste solo en el manejo de válvulas y la preparación y adición del químico a las estructuras dosificadoras. **Inyección de Químicos:** La inyección de químicos se realiza mediante un sistema de inyección por presión diferencial proveniente de la misma conducción que llega a la planta; este sistema tiene la gran ventaja de no requerir energía eléctrica, puede operar las 24 horas del día sin sufrir desgaste y su dosificación se puede ajustar al caudal requerido, ajustando el diferencial de presión que oscila en un rango de 0 – 0,1 psi.

Para operar este sistema de inyección se deben seguir los siguientes pasos:

1. Abra las válvulas D1, D2, D5, D6.
2. Prepare en un recipiente aparte el químico a inyectar de acuerdo con la tabla del ítem dosificación de químico y viértalo en la cámara que esté llena de agua por la válvula D1 o D2 según corresponda. Para que pueda verter el químico es necesario desocupar la misma cantidad de agua que se va a echar en el compartimiento abriendo la válvula D7 o D8 según corresponda; terminado este proceso debe cerrar las válvulas D1, D2, D5, D6.
3. Si vertió el químico por la válvula D1, cierre las válvulas D4, D6 y abra las válvulas D3, D5
4. Si vertió el químico por la válvula D2, cierre las válvulas D3, D5 y abra las válvulas D6, D4.
5. Para comenzar la presurización del sistema y la inyección del químico las válvulas D1, D2, D4, D6, D7, D8 deberán estar cerradas.

Nota: Este procedimiento debe realizarse del mismo modo en los dos (2) dosificadores de químico por presión diferencial.

Luego de ajustado el proceso de inyección proceda a:

1. Abrir la válvula de paso hacia la Planta, por el personal técnico.

2. Efectué lavada de filtros uno a uno, cerrando las válvulas F1, F2, F3, F8 y abra las válvulas F4, F7; en este momento la Planta empieza su proceso de lavado del filtro 1, deje lavar por un periodo de tiempo entre 12 min y 15 min aprox. hasta ver que el agua de lavado es clara. Luego cierre la válvula F4 y abra la F5 por el mismo lapso de tiempo, hasta ver que el agua de lavado es clara; por último, cierre la válvula F5 y abra la F6 por el mismo lapso de tiempo, hasta ver que el agua de lavado es clara.

3. Terminado este proceso cierre la válvula F6, F7 y abra las válvulas F1, F2, F3, F8, para dar paso al agua tratada hacia los tanques de almacenamiento (Este debe estar totalmente limpio y desinfectado).

4. Por último, comience el proceso de inyección de químicos anteriormente explicado.

5. LIMPIEZA DE MEMBRANAS Y RECOMENDACIONES GENERALES

Las membranas deben limpiarse de forma periódica (limpieza habitual de las instalaciones al menos una vez al año), o como se ha indicado, cuando la presión diferencial (ΔP), el caudal de permeado o el paso de sales (conductividad del permeado) varíen en un 10% respecto a los valores de diseño.

Siempre deben respetarse las condiciones establecidas por los fabricantes de membranas para no deteriorarlas o acortar su vida útil. La operación de limpieza de membranas se realiza siempre con la planta fuera de producción.

En el proceso de limpieza de membranas debe realizarse en las siguientes etapas y respetando las siguientes consideraciones:

1. Preparación de la solución de limpieza:

Las soluciones de limpieza deben prepararse con agua de buena calidad y sin cloro.

Se recomienda el empleo de agua permeada. Los productos químicos de limpieza deben añadirse en el agua y asegurarse que los cambios de pH y temperatura se realizan gradualmente. En ocasiones, la suciedad que se debe eliminar requiere una solución química a una temperatura del agua superior a la del medio ambiente. El intervalo frecuentemente oscila entre 15ºC y 35ºC.

Una vez más, se verificarán estas prácticas con las recomendaciones del fabricante de la membrana empleada. Antes de bombear la solución de limpieza, se debe comprobar la mezcla completa y la total disolución de los productos químicos empleados.

Para calcular el volumen de solución de limpieza requerida (y las dimensiones del sistema de limpieza) debe tenerse en cuenta el número de membranas que serán limpiadas (volumen de las cajas de presión) y el volumen del circuito de limpieza.

Habitualmente se emplean de 1,2 a 1,5 volúmenes de solución de limpieza por volumen de caja de presión.

2. Recirculación de la solución de limpieza en el sistema

La limpieza de la membrana debe realizarse a baja presión (P < 2 bar) y el flujo no debe exceder los límites establecidos. Deben intercalarse periodos de recirculación y reposo, con el fin de favorecer el contacto de la solución de limpieza con la suciedad y facilitar su eliminación.

Si la solución de limpieza muestra un fuerte cambio de color y/o aparecen precipitaciones, habría que desecharla y hacer una nueva, repitiendo el proceso.

Durante toda la fase de limpieza, las válvulas de concentrado y permeado de retorno al tanque de limpieza, deben mantenerse abiertas, pero la válvula de permeado al tanque de agua producto estará cerrada durante todo el proceso y sólo se abrirá una vez comprobada que la calidad del agua permeada es óptima.

Cuando el ensuciamiento es muy grande, suele recomendarse limpiar recirculando a bajo caudal durante 10-15 horas. En el caso de limpiezas a elevada temperatura 35-45ºC (según el pH de la solución de limpieza), se recomienda también la aplicación de un caudal bajo.

3. Desplazamiento de la solución de limpieza/aclarado

Una vez finalizada la limpieza (o entre etapas de limpieza), deben aclararse las membranas y el circuito de limpieza con agua de calidad apropiada para cada tipo de membrana.

El proceso de aclarado finaliza cuando se tiene evidencia que se ha desplazado completamente la solución de limpieza del interior de las membranas.

4. Arranque de la producción

Una vez finalizado el aclarado, se pone en marcha la instalación desechando el agua producto durante 30 minutos al caudal nominal de diseño, para garantizar la total eliminación de trazas de productos químicos de limpieza en la línea de agua osmotizada.

Existen productos formulados específicamente para limpieza de membranas, en los que además de los ácidos o bases, se añaden detergentes, reguladores de pH y otros compuestos que ayudan a la eliminación de la suciedad.

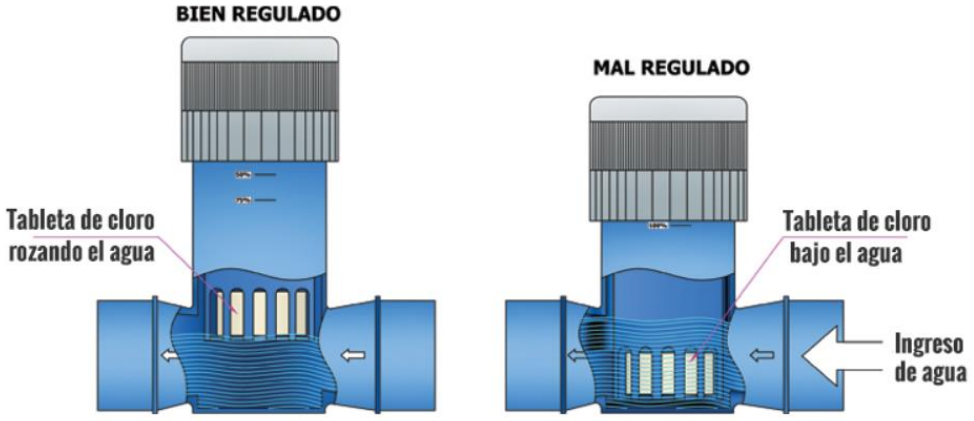
Todos los productos empleados en la limpieza de membranas deben contar con la aprobación de compatibilidad de los fabricantes de las mismas.

5. DESINFECCIÓN

La adición de cloro permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua. La cantidad de químico depende de las condiciones de agua a tratar y se determina mediante una prueba de jarras, sin embargo, de no contar con este equipo, como una guía práctica remítase a la Tabla No. 3 para cuantificar el peso en gramos por m3 de HTH y siga las mismas instrucciones para aplicarlo al dosificador.
El sistema cuenta con un dosificador de cloro por contacto, para obtener agua potable. Los clorinadores en línea, suministran continua y automáticamente, hipoclorito de calcio (cloro) a un tanque de agua, permitiendo proceso de potabilización y purificación de agua.

El sistema de dosificación de cloro utiliza tabletas las cuales al entrar en contacto con el agua realizan un proceso físico de erosión liberando cantidades de cloro precisas. Las tabletas que entran en contacto con el agua son las que quedan en el fondo del equipo y las tabletas restantes permanecen secas y disponibles para entrar en uso una vez las tabletas inferiores ya se han gastado.

La cloración con tabletas de hipoclorito de calcio es tan eficaz como el gas cloro, más consistente que el hipoclorito de sodio y de más fácil mantenimiento que ambos.
El clorinador posee un regulador para entregar cloro por contacto, entregando la cantidad de cloro deseado en forma permanente y sin necesidad de controles mecánicos o eléctricos para obtener agua potable a bajo costo y mínima mantención.



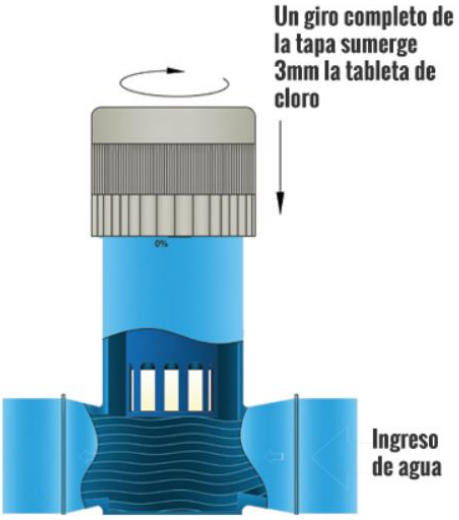


FIGURA 5. DOSIFICACIÓN DE CLORO POR PASTILLAS

6. GUÍA DE FALLOS Y SOLUCIÓN

TABLA 3. FALLOS EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y SOLUCIÓN

FALLO	POSIBLE CAUSA	SOLUCIÓN
Fallo térmico en la bomba de alta presión	1. No hay agua. 2. Electroválvula de entrada cerrada. 3. Filtro obturado. 4. Disminución de fase. 5. Cable suelto. 6. Fallo en cojinete. 7. Fugas en el motor eléctrico. 8. Hay agua en la entrada del motor. 9. Motor quemado.	1. Dar agua al sistema. 2. Comprobar electroválvula. 3. Revisión presión filtros Cambio de cartuchos 4. Comprobar cableado y corriente. 5. Comprobar cables. 6. Cambiar cojinete. 7. Comprobar piezas del motor. 8. Revisar motor. 9. Cambiar motor.
Baja presión en la entrada	1. La bomba de alimentación no funciona 2. Filtro bloqueado. 3. Fallo en presostato de baja. 4. Cable suelto o no conectado. 5. No hay agua. 6. Electroválvula de entrada cerrada. 7. Calibración no correcta.	1. Comprobar la bomba de alimentación. 2. Revisión presión filtros Cambio de cartuchos 3. Cambiar el presostato. 4. Comprobar cables. 5. Asegurar agua al equipo. 6. Comprobar electroválvula. 7. Recalibrar.
Alta presión en el equipo	1. Membranas saturadas.	1. Limpieza química o sustitución de membranas.

	2. Válvula de aguja de rechazo demasiado cerrada. 3. Cable suelto o no conectado. 4. Fallo bomba alta presión. 5. Línea de desagüe obturada.	2. El ajuste de la válvula depende de la temperatura, caudal de permeado y presión. 3. Comprobar cables. 4. Comprobar bomba de alta presión. 5. Comprobar tubería de desagüe.
Alta conductividad en el agua permeada	1. Perforación de alguna membrana. 2. Mala calibración. 3. Membrana obturada. 4. Fallo del conductímetro. 5. Mala calibración del conductímetro. 6. Cable del conductímetro suelto. 7. Ajuste de válvulas mal realizado.	1. Cambio de membranas. 2. Recalibrar. 3. Limpieza química. 4. Comprobar conductímetro. 5. Calibrar conductímetro. 6. Comprobar cable. 7. Ajustar válvulas en función de la temperatura, caudal y presión.
FALLO	**POSIBLE CAUSA**	**SOLUCIÓN**
Las válvulas no se abren	1. No hay corriente. 2. La bobina de las válvulas se han quemado. 3. Fallo en el cuerpo de la válvula. 4. Fallo del relé. 5. Cables desconectados.	1. Comprobar suministro eléctrico. 2. Cambio de la bobina. 3. Cambio de la válvula solenoide. 4. Cambio del relé. 5. Verificar cables.
El tanque desborda	1. Fallo de la boya del tanque. 2. Fallo en la electroválvula de entrada.	1. Cambiar la boya. 2. Revisar electroválvula de entrada.
Baja producción de permeado	1. Membranas saturadas. 2. Fallo en la válvula de aguja de rechazo. 3. Caudal de alimentación bajo. 4. Fallo bomba alta presión. 5. Fugas en tuberías. 6. Tuberías bloqueadas.	1. Limpieza química o sustitución de membranas. 2. El ajuste de la válvula depende de la temperatura, caudal de permeado y presión. 3. Comprobar el caudal de entrada. 4. Comprobar bomba de alta presión. 5. Reparar fugas. 6. Reparar tuberías.
No hay corriente en el panel de control	1. No hay electricidad. 2. El cable está desconectado. 3. Interruptor general apagado. 4. PLC apagado. 5. Mala conexión en los puentes de los borneros fase/neutro	1. Comprobar suministro. 2. Comprobar cables. 3. Encender interruptor general. 4. Probar que el PLC está ON. 5.revisa puentes borneros fase/neutro
Baja conversión en el equipo de OI	1. Caudales desajustados. 2. Baja temperatura.	1. Ajustar rechazo / recirculación. 2. Reajustar punto de funcionamiento.

	3. Presión de membranas baja. 4. Membranas obturadas.	3. Ajustar válvula de salida de bomba de alta presión. 4. Limpiar o cambiar membranas.
Alta presión en las membranas	1. Obturación de membranas	1. Limpiar o cambiar membranas.
Salta el térmico del motor de protección de la bomba	1. Mala regulación del amperaje. 2. Alta temperatura.	1. Regular el térmico del motor. 2. Comprobar cables y alimentación.

7. TOMA DE MUESTRAS

En la planta de tratamiento deben realizarse un número de análisis físicos, químicos y microbiológicos de rutina. Para la realización del muestreo referirse a las Normas Técnicas Colombianas NTC-ISO 5667-2, NTC-ISO 5667-3 y NTC-ISO 5667-5.

Durante la operación de la planta mínimo deben efectuarse los siguientes análisis:

TABLA 4. ANÁLISIS MÍNIMO DEL AGUA PARA CONTROLAR LOS PROCESOS EN LA PLANTA

Muestra	Mediciones	Frecuencia en el nivel			
Lugar de análisis	**Parámetros a medir**	**Bajo**	**Medio**	**Medio alto**	**Alto**
Agua del afluente	Turbiedad y pH.	3/día	6/día	8/día	Continuo
	Color		1/día	1/día	6/día
Salida de mezcladores	pH óptimo	3/día	6/día	8/día	Continuo
Salida de floculadores	Observación del tamaño de los flocs (por ejemplo en una probeta) y turbiedad.	3/día	6/día	8/día	8/día
Salida de sedimentadores	Turbiedad	3/día	6/día	8/día	Continuo
	Color		1/día	1/día	6/día
Salida de filtros	Turbiedad y pH.	3/día	6/día	8/día	Continuo
	Al residual y color		6/día	8/día	8/día
Salida de tanque de desinfección	pH, alcalinidad y dureza		6/día	8/día	8/día
Salida del tanque de almacenamiento y/o de la planta de tratamiento	pH, turbiedad, cloro residual	3/día	6/día	8/día	Continuo
	Color		1/día	1/día	1/día
	Análisis microbiológico si es necesario.		1/día	2/día	2/día
	Fe residual, alcalinidad y dureza.			1/día	1/día

7.1. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA CONTROL DE PROCESO

Durante la operación de la planta mínimo deben efectuarse los siguientes análisis:

- Turbiedad
- Conductividad

- Color
- pH
- Alcalinidad
- Concentración hierro residual, cloruros y sólidos disueltos (Laboratorio externo debidamente certificado)
- Cloro residual
- Otros parámetros de interés para la operación de los tratamientos según el caso.

HOJA DE CONTROL: PUESTA EN MARCHA Y SEGUIMIENTO

TABLA 5. PUESTA EN MARCHA Y SEGUIMIENTO

Concepto	**Valores de referencia**	**Valores de seguimiento**			***Unidades***
CAUDAL DE PERMEADO					*l/min*
CAUDAL DE RECHAZO					*l/min*
CAUDAL DE RECIRCULACIÓN					*l/min*
CONDUCTIVIDAD AGUA APORTE					*µS/cm*
CONDUCTIVIDAD PERMEADO					*µS/cm*
CONDUCTIVIDAD RECHAZO					*µS/cm*
PRESIÓN DE ENTRADA PLANTA					*Kg/cm²*
PRESIÓN ENTRADA FILTRO					*Kg/cm²*
PRESIÓN SALIDA FILTRO					*Kg/cm²*
PRESIÓN ENTRADA MEMBRANA					*Kg/cm²*
PRESIÓN SALIDA MEMBRANA					*Kg/cm²*
DUREZA AGUA DE APORTE					*ppm*
CLORO AGUA DE APORTE					*ppm*
ANTIINCRUSTANTE					*ppm*

NOTA: Cada semana, en los 6 primeros meses y cada 2 semanas a partir de los 6 meses siguientes, en el caso de no existir anomalías en los equipos, se deberá rellenar la tabla anterior.

La temperatura del agua variará la caracterización del agua y el rendimiento del equipo. Por la presente, el fabricante entrega al cliente el equipo con un correcto funcionamiento y expresa que los datos de la tabla anterior describen al equipo en la puesta en marcha.

7. LA GARANTÍA NO ES VÁLIDA PARA:

1. La sustitución, reparación de piezas u órganos ocasionados por el desgaste, debido al uso normal del equipo, como resinas, polifosfatos, cartuchos de sedimentos, etc. según viene indicado en el manual de instrucciones del equipo.

2. Manipulación, modificaciones o reparaciones realizadas por terceros.

3. Las averías o el mal funcionamiento que sean consecuencia de una mala instalación, ajena al servicio técnico, o si no se han seguido correctamente las instrucciones de montaje.

4. Uso inadecuado del equipo o que las condiciones de trabajo no son las indicadas por el fabricante.

5. La utilización de recambios no originales.

6. Retiro del Sello del vendedor autorizado.