

Proyecto Diagnostico Acueducto El Diamante



Planteamientos de alternativas de mejora

Planteamiento de alternativas de mejora ASUAP El Diamante

Noviembre del 2019

Fundación Cinara,

NIT 800.089.677-0

Cuidad Universitaria Meléndez, Edificio E37, piso 2, Cali, Colombia

Tel 57.2.3392345

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. TECNOLOGÍAS FACTIBLES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y PREDIMENSIONAMIENTO. | 5 |
| 1.1 Funcionamiento de alternativas de tratamiento | 5 |
| 1.1.1 Filtración en múltiples etapas FiME | 5 |
| 1.1.2 Alternativa No. 02: Filtración Directa (FD)..... | 7 |
| 1.1.3 Planta compacta o plantas modulares | 8 |
| 1.2. Predimensionamiento de unidades de tratamiento | 10 |
| 1.2.1 Tecnología FiME..... | 10 |
| 1.2.2. Planta con filtración directa | 11 |
| 1.2.3 Planta con tecnología compacta | 12 |
| 1.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA | 14 |
| 2. POSIBLES ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DEL ACUEDUCTO | 16 |
| 2.1 FUENTE ABASTECEDORA | 16 |
| 2.2 BOCATOMA. | 16 |
| 2.3 ADUCCIÓN..... | 16 |
| 2.4 DESARENADOR..... | 17 |
| 2.5 CONDUCCIÓN..... | 18 |
| 2.6 TANQUE DE ALMACENAMIENTO..... | 18 |
| 2.7 DESINFECCIÓN..... | 18 |
| 2.8 RED DE DISTRIBUCIÓN..... | 19 |
| 2.9 RELACIÓN CON LOS SUSCRIPTORES | 20 |

1. TECNOLOGÍAS FACTIBLES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y PREDIMENSIONAMIENTO.

1.1 Funcionamiento de alternativas de tratamiento

1.1.1 Filtración en múltiples etapas FiME

Para la tecnología FiME existen diferentes configuraciones que van desde una FiME 1 (FGDi + FGAC + FLA) hasta una FiME 3 (FGDi + FGAS 3 + FLA), cuya selección depende del riesgo de la fuente en términos de parámetros de calidad. La Matriz Guía de Selección de FiME propuesta por el Ingeniero Gerardo Galvis en su tesis doctoral plantea las opciones de barreras de tratamiento consideradas (Ver Tabla 1). En la Figura 1, se muestra el esquema de una planta de tratamiento con tecnología FiME.

Tabla 1. Matriz selección de tecnología sistema de potabilización FiME. Fuente Gerardo Galvis

| Promedio Max | Y ₁ < 15,000 < 45,000 | FGDi _{2,2} | FGDi _{2,2} | FGDi _{2,2} | FGDi _{1,2} | FGDi _{1,2} | |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|--|-----------------|
| | | FGAS(3) _{2,2} FLA _{2,12} | |
| Coliformes Fecales (UFC/100ml) | Y ₂ < 5,000 < 15,000 | FGDi _{2,2} FGAS(2) _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{2,2} FGAS(2) _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{2,2} FGAS(3) _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{1,2} FGAS(3) _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{1,2} FGAS(3) _{2,2} FLA _{2,12} | |
| | Y ₃ < 1,500 < 5,000 | FGDi _{2,2} FGAC _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{2,2} FGAC _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{2,2} FGAS(3) _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{1,2} FGAS(3) _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{1,2} FGAS(3) _{2,2} FLA _{2,12} | |
| | Y ₄ < 750 < 2,500 | FGDi _{2,2} FGAC _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{2,2} FGAC _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{2,2} FGAS(3) _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{1,2} FGAS(3) _{2,2} FLA _{2,12} | FGDi _{1,2} FGAS(3) _{2,2} FLA _{2,12} | |
| | | | | | | | |
| Turbiedad (UNT) | X | Prom < P ₉₅ < Máximo < | 5 15 50 | 10 30 100 | 18 50 150 | 20 60 225 | 25 70 300 |
| | | | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ |
| | | | | | | | |
| Color (CPU) | Z | Prom < Máximo < | 10 30 | 13 40 | 16 50 | 18 55 | 20 60 |
| | | | Z ₁ | Z ₂ | Z ₃ | Z ₄ | Z ₅ |
| | | | | | | | |

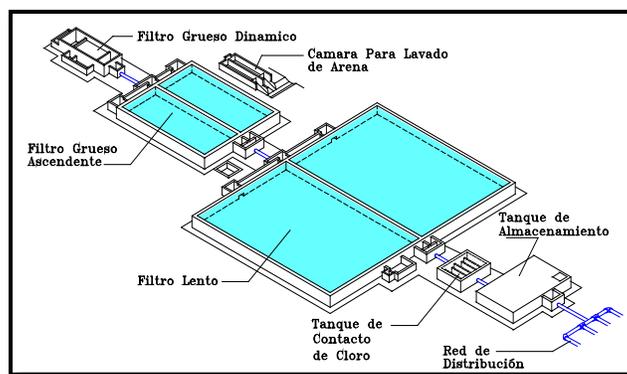


Figura 1. Tecnología FiME – Vista en planta. Fuente Cinara

La tecnología FiME, opera a gravedad combinando diferentes barreras de tratamiento en las cuales la dirección del flujo varía entre las unidades de tratamiento (direcciones de flujo ascendente y descendente a través de niveles de grava (Filtro Grueso Dinámico-FGDi y Filtro Grueso Ascendente en Capas-FGAC). La última etapa que son los filtros Lentos en Arena (FLA), es

donde se hace la remoción de microorganismos que han logrado pasar por las etapas previas de pretratamiento en gravas.

Es importante mencionar que en el País hay muchas plantas FiME construidas y funcionando principalmente en los departamentos del Valle del Cauca y del Cauca.

Los componentes de la tecnología por filtración en múltiples, FiME son: estructura de entrada; filtro dinámico; filtración gruesa ascendente en capas y filtración lenta en arena. Además debe tener cámara de lavado de arena, de grava, caseta de operaciones y lecho de secado como sistema de control de efluentes directos a la fuente, después del lavado. En la Figura 1 se observan los componentes de la tecnología. La tecnología FiME operará bajo las siguientes condiciones de calidad de agua:

Turbiedad

Máximo: 400 UNT
Percentil 95%: 70 UNT
Promedio: 25 UNT

Color

Máximo: 60 UPC
Promedio: 20 UPC

Coliformes fecales

Máximo: 15000 UFC/100 ml
Promedio: 5000 UFC/100 ml

La descripción de la función de cada una de las barreras de tratamiento que componen la tecnología de filtración en múltiples etapas se detalla a continuación:

Filtros Gruesos Dinámicos, FGDi

Esta unidad se encarga de remover los sólidos, la turbiedad y los microorganismos que trae el agua, especialmente en los períodos de lluvias, con el fin de proteger los componentes posteriores de la planta de tratamiento. El sentido del agua es descendente. En la Figura 2 se muestran los componentes del filtro dinámico.



Figura 2. Filtro grueso dinámico

Filtros Gruesos Ascendentes en Capas

La función principal de estas unidades es eliminar la turbiedad, sólidos suspendidos, y parte de los microorganismos que han pasado las anteriores barreras de tratamiento. Durante el funcionamiento de esta unidad el agua efluente de los FGDi llega por el fondo de la unidad y se

distribuye por tubería perforada, el agua sube a través de las gravas hasta la superficie donde pasa a la cámara de salida o de recolección. La dirección del agua es ascendente.

Filtros Lentos en Arena

La función principal de esta unidad es la eliminación de microorganismos y reducir los niveles de materia orgánica a valores por debajo de 2. Hay formación de capa biológica en la superficie. En la Figura 3 se muestran los componentes del filtro lento en arena.

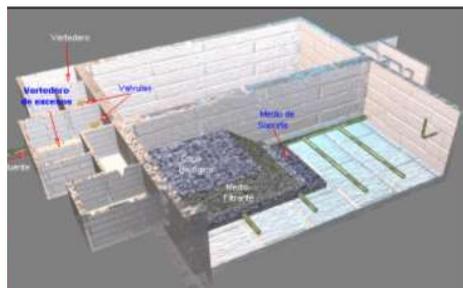


Figura 3 Filtración lenta en arena

1.1.2 Alternativa No. 02: Filtración Directa (FD)

Esta tecnología de filtración rápida está constituida por los procesos de mezcla rápida y filtración, apropiada solo para aguas claras. Son ideales para este tipo de solución las aguas provenientes de embalses o represas, que operan como grandes presedimentadores y proporcionan aguas constantemente claras y poco contaminadas.

Cuando la fuente de abastecimiento es confiable —caso de una cuenca virgen o bien protegida—, en la que la turbiedad del agua no supera de 10 a 20 UNT el 80% del tiempo, y no superar 30 UNT ni 25 UC el 90% del tiempo, puede considerarse la alternativa de emplear filtración directa descendente (Cepis, s.f; Di Bernardo, 2005).

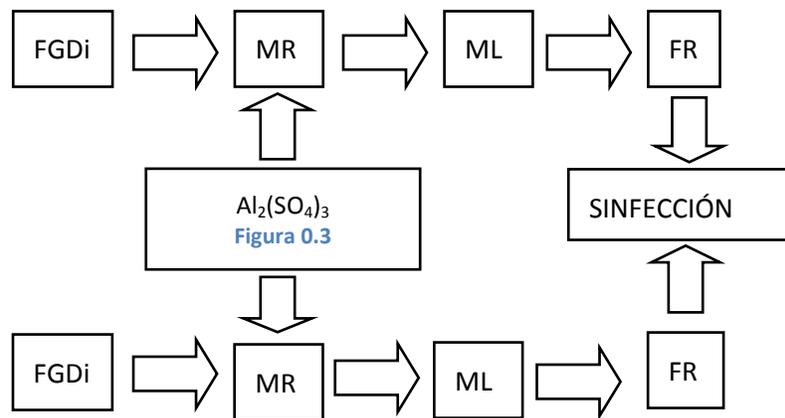
En el caso de aguas que el 100% del tiempo no sobrepasan los 100 UNT y las 100 UC y alcanzan esporádicamente hasta 200 UNT y 100 UC, podrían ser tratadas mediante filtración directa ascendente. En la Tabla 2, se observan de manera general los valores límites asociados a la operación de la tecnología por filtración directa por autores como Kawamura, 2000; Di Bernardo, 2005 y Arboleda, 2006.

Tabla 2. Valores límites de calidad de agua para tecnología de filtración directa

| Valores límites | Autores | | |
|----------------------------------|----------------|-------------------|----------------------------|
| | Kawamura, 2000 | Di Bernardo, 2005 | Arboleda 2006 (Citado RAS) |
| Turbiedad (UNT) | <20 | 95%≤25;100%≤100 | 95%≤10; mejor<5 |
| Color verdadero | --- | 95%≤25;100%≤100 | 90%≤10 UPC |
| Coliformes fecales NMP/ml | <103 | 95%≤100;100%≤500 | --- |

Esta tecnología puede verse limitada para ser seleccionada como tecnología de potabilización para el acueducto ASUAP El Diamante, debido a que han presentado picos bajos de turbiedad en época de lluvias, con base en información suministrada por la comunidad, además existe baja intervención en la microcuenca y se encuentra en proceso de recuperación.

La alternativa denominada Filtración Directa (FD) se compone en su etapa inicial de un Filtro Grueso Dinámico (FGDi) que hace las veces de protección o pretratamiento para las etapas siguientes; luego continua la mezcla rápida (Coagulación) en donde se aplicara Sulfato de Aluminio (Al_2SO_4) en una dosis estimada de 2 mg/l acorde con las recomendaciones de los estudios de tratabilidad de otras fuentes similares a la de la quebrada El Roble y finalmente la filtración rápida.



FGDi: Filtro Grueso Dinámico / **MR:** Mezcla Rápida (Coagulación) / **ML:** Mezcla Lenta (Floculación) / **FR:** Filtro Rápido

Gráfica 1 Diagrama unidades de tratamiento alternativa No. 02: Filtración directa

1.1.3 Planta compacta o plantas modulares

Es una tecnología en la cual se llevan a cabo todos los procesos de tratamiento que se hacen en un sistema convencional, en una unidad más pequeña, compacta, en la cual se utilizan las tasas máximas recomendadas, para hacer el sistema más compacto. Minimizar espacios, maximizando eficiencias con menores tiempos de retención.

Son sistemas prediseñados y prefabricados por cada dueño, que se instalan o ensamblan en espacios donde se operarán. Estas tecnologías responden a diferentes riesgos y diferentes características del agua cruda y agua tratada. Están diseñadas para diferentes caudales, velocidades y condiciones de operación, tanto manuales como de autolavado. Algunas de ellas son patentadas.

Sus componentes principales son:

Coagulación- Mezcla rápida hidráulica

La coagulación tiene la finalidad de mejorar la eficiencia de remoción de partículas coloidales en el proceso de decantación (sedimentación de partículas floculentas). La coagulación puede realizarse a través de un vertedero rectangular o con canaleta Parshall, para asegurar que el punto de formación del resalto hidráulico sea constante (Di Bernardo, 2005). La coagulación requiere de condiciones de calidad del agua conocidas y de control para garantizar su eficiencia, como son pH, temperatura, alcalinidad. Además de la definición de dosis óptima dependiendo de la calidad del agua y del tipo de coagulante a emplear.

Floculación hidráulica

Están destinados a promover una agitación moderada, para que los flóculos se formen bien. La cámara de mezcla puede ser mecánica o hidráulica, este último evita los costos de energía asociados a equipos mecánicos. Su operación debe garantizar un tiempo de retención de 30 minutos y una velocidad promedio de 0,2 m/s (Cepis, s.f).

Sedimentadores de placas

Es el proceso mediante el cual se promueve el depósito de material en suspensión por acción de la gravedad. Por lo general, las aguas en movimiento arrastran partículas granulares y material floculenta que, por su carácter liviano, se mantienen en suspensión. Las placas son inclinadas, preferiblemente 60° (Di Bernardo, 2005).

Filtración rápida

La filtración del agua consiste en hacer pasar el agua por sustancias porosas que puedan retener o remover algunas de sus impurezas. Por lo general se utiliza como medio poroso arena soportada por capas de piedra, debajo de las cuales existe un drenaje. El proceso final de filtración desempeña una labor de acabado, le da el pulimento final al agua.

El agua proveniente de la decantación debe tener un color entre 5 y 10 UPC como máximo y una turbiedad idealmente no mayor a 2 UNT. Esta estructura debe remover por lo menos el 90% de la turbiedad del agua cruda. La tasa de filtración adoptada es de 120 m³/m²/día (Di Bernardo, 2005).

De acuerdo con las investigaciones realizadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, el filtro debe producir un efluente con una turbiedad menor o igual a 0,10 UNT para garantizar que esté libre de huevos de parásitos (Giardia, Cryptosporidium, etcétera). Para lograr esta eficiencia en la filtración, es necesario que los decantadores produzcan un agua con 2 UNT como máximo, lo cual exige un trabajo de operación y mantenimiento bastante estricto (Cepis, s.f).

Estas tecnologías son limitadas ante cambios bruscos en la calidad del agua con altas frecuencias debido a que los tiempos de retención no superan los 60 minutos; por lo tanto funcionan bien ante calidades de agua con bajas variaciones en época verano e invierno uniformes, es decir con bajos picos de turbiedad o microorganismos.

Los procesos de las plantas compactas de flujo rápido por lo general contienen control de caudal, dosificación de químicos, mezcla, coagulación, floculación, sedimentación y filtración en filtros rápidos a presión o gravedad. Por lo general funcionan con sistemas eléctricos, a presión, que generan costos de operación y mantenimiento adicionales a otras tecnologías que no los requieren, incidiendo finalmente en incremento en las tarifas. Adicionalmente deben ser operadas por personal con capacidad de responder de manera oportuna en la operación de la planta a los cambios bruscos de la calidad del agua, como la turbiedad, requiriéndose un nivel de conocimiento acorde al tipo de riesgo en el agua cruda. Es decir se requiere experticia para el cambio de dosificación de coagulante ante incrementos en la turbiedad del agua, además de la determinación de dosis óptima de coagulante en pruebas de jarras acorde a la alcalinidad, pH, temperatura y acidez del agua cruda. Si estos cambios de dosificación no se hacen a tiempo puede

pasar agua no potable a la red y por ende a las viviendas. Son difíciles de operar en comunidades rurales con bajo nivel de escolaridad.

1.2. Predimensionamiento de unidades de tratamiento

1.2.1 Tecnología FiME

De acuerdo con la calidad de la fuente, los picos de turbiedad que se pueden presentar y según se establece en la matriz de FiME, la tecnología que permite por su eficiencia de remoción obtener la calidad del agua requerida para alcanzar los máximos valores permisibles es la siguiente:

- $FGDi_{2,0} + FGAC_{0,6} + FLA_{0,15}$ (intercepto de las dos flechas de la tabla 3).



| | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|
| Caudales Fecales (P.C./litro) | Y | Y ₁ | < 15,000 < 45,000 | FGDi _{2,0} FGAS(3) _{0,6} FLA _{0,15} | |
| | | Y ₂ | < 5,000 < 15,000 | FGDi _{2,0} FGAS(2) _{0,6} FLA _{0,15} |
| | | Y ₃ | < 1,500 < 5,000 | FGDi _{2,0} FGAC _{0,6} FLA _{0,15} |
| | | Y ₄ | < 750 < 2,500 | FGDi _{2,0} FGAC _{0,6} FLA _{0,15} |
| Turbiedad (UNT) | X | Prom | < | 5 | 10 | 16 | 20 | 25 | |
| | | P _{95%} | < | 15 | 30 | 50 | 60 | 70 | |
| | | Máximo | < | 50 | 100 | 150 | 225 | 300 | |
| Color (CPU) | Z | Prom | < | 10 | 13 | 16 | 16 | 20 | |
| | | P _{95%} | < | 30 | 40 | 50 | 55 | 60 | |
| | | Máximo | < | Z ₁ | Z ₂ | Z ₃ | Z ₄ | Z ₅ | |



Tabla 3. Criterios de diseño a partir de matriz

En la Tabla 4 se muestran los cálculos del predimensionamiento de la tecnología FiME, con base en los criterios de la Tabla 3. En la Tabla 5 se presentan las áreas estimadas de cada componente predimensionado de la tecnología FiME.

Tabla 4. Resultados predimensionamiento alternativa No. 1: FiME

| | FGDi | FGAC | FLA |
|---|--------------------|----------------------|---------------------|
| Número de unidades en paralelo | 2 | 2 | 2 |
| Caudal por unidad (l/s) | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| Tasa de filtración (m/h) | 2.0 | 0.6 | 0.15 |
| Área requerida para filtración por unidad (m ²) | 2.4 | 8.1 | 32,4 |
| Longitud requerida por unidad (m) | 2.4 ^[a] | 2.85 ^[b] | 6.4 ^[c] |
| Ancho requerida por unidad (m) | 1.0 | 2.85 ^[cb] | 5.05 ^[c] |
| Área requerida por etapa ^[f] | 12 | 40 | 120 |

^[a] Adoptado con base en una estructura rectangular y tomando en cuenta dimensiones para facilidad de operaciones de mantenimiento.

^[b] Adoptado con base en una estructura cuadrada y tomando en cuenta dimensiones para facilidad de operaciones de mantenimiento.

^[c] Calculado para obtener las dimensiones mínimas de la unidad.

Tabla 5. Áreas requeridas para tecnología FIME₃

| Estructura | Área unitaria (m ²) |
|--|---------------------------------|
| FGDi | 12 |
| FGAC | 40 |
| FLA | 120 |
| Cámara Lavado grava | 6 |
| Cámara Lavado arena | 8 |
| Caseta de operaciones | 34 |
| Lecho de secado* | 30 |
| Separaciones, interconexiones, desagües y zonas verdes | 230 |
| Área total mínima | 480 |

*Se requiere lecho de secado para controlar los picos de sólidos directos y concentraos a la fuente, disminuyendo la concentración e impacto sobre la fuente. Deben ser retirados periódicamente y enterrados.

No requiere adición de coagulante ni consumo de energía durante el tratamiento con bajas incidencias en los costos de operación y mantenimiento con bajos incrementos en la tarifa.

1.2.2. Planta con filtración directa

A continuación, en las Tablas 6 y 7 se presenta el predimensionamiento de las estructuras componentes de la tecnología filtración directa y las áreas estimadas.

Tabla 6 Resultados predimensionamiento alternativa No. 2: FD

| | FGDi | MR ^[a] | ML | FR |
|---|--------------------|--------------------|------|--------------------|
| Número de unidades | 2 | 1 | 1 | 4 ^[f] |
| Caudal por unidad (l/s) | 1.35 | 2.7 | | 0.68 |
| Tasa de filtración (m/h) | 2.0 | - | - | 120 ^[g] |
| Tiempo de contacto (s) | - | 60 | 2400 | - |
| Volumen requerido (m³) | - | 0.3 | 18 | - |
| Área requerida para filtración (m²) | 2.4 | - | - | 0.02 |
| Longitud requerida por unidad (m) | 2.4 ^[b] | 1.2 ^[c] | 2.1 | 1.2 |
| Ancho requerida por unidad (m) | 1.0 ^[b] | 0.5 ^[c] | 2.1 | 1.2 |
| Área requerida por etapa^[e] | 12 | 3 | 14 | 14 |

^[a]Corresponde a una canaleta parshall de 2.5 cm (1 pulgada) de ancho y 80 cm de longitud.

^[b]Adoptado con base en una estructura rectangular y tomando en cuenta dimensiones para facilidad de operaciones de mantenimiento.

^[c]Empleando el caudal y la ecuación para vertedero se obtienen dimensiones que no facilitan la operación y mantenimiento de la unidad, por tanto se sobredimensiona empleando los valores indicados.

^[d]En la Resolución 0330 se especifica un número mínimo de 3 y 4 unidades para lavado con fuente externa (tanque de lavado) y lavado mutuo respectivamente.

^[e]En la Resolución 0330 se indican tasas de filtración entre 90 a 350 m³/m²/día

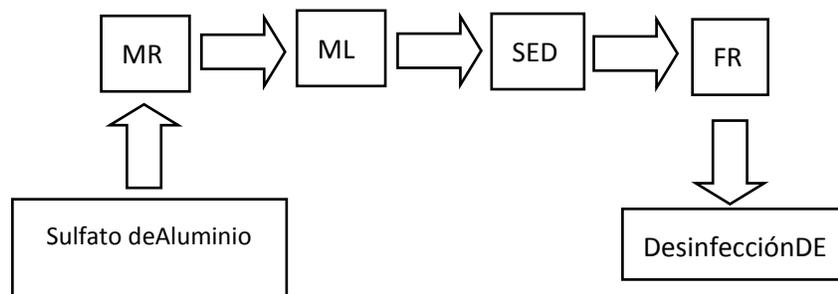
Tabla 7. Área total requerida para planta F.D. según Predimensionamiento

| Estructura | Área unitaria (m ²) |
|---|---------------------------------|
| FGDi | 12 |
| Cámara de mezcla | 2,1 |
| Mezcla lenta | 14 |
| Filtros rápidos | 14 |
| Cámara Lavado grava | 6 |
| Caseta de operaciones | 45 |
| Lecho de secado | 40 |
| Separaciones, interconexiones, desagües, andenes y zonas verdes | 170 |
| Área total estimada | 293.1 |

Esta tecnología implica adición de coagulante, consumo de energía y mayores costos de operación y mantenimiento que inciden en la tarifa.

1.2.3 Planta con tecnología compacta

Esta tecnología concentra sus procesos de tratamiento en módulos cerrados que trabajan a presión con condiciones de operación controlables y calidades de agua similares a las de los nacimientos en condiciones secas. En la gráfica 2 se muestran los componentes de la tecnología y en las Tabla 8 el área estimada de cada componente.



Gráfica 2. Diagrama unidades de tratamiento alternativa No. 03: Planta Compacta

MR: Mezcla Rápida (Coagulación) / **ML:** Mezcla Lenta (Floculación) / **SED:** Sedimentador / **FR:** Filtro Rápido

Tabla 8. Resumen áreas tecnología Planta Compacta

| Estructura | Área unitaria (m²) |
|---|--------------------------------------|
| Dos tanques de acero al carbón en lámina 3/16 con pintura epóxica de protección y sistema de flautas recolectoras | |
| Dos sistemas de dosificación de cloro y sulfato con bombas de alta precisión Italiana. | |
| Dos sistema de panel solar para suministro energía a bombas dosificadoras. | |
| Dos válvulas cheque de 2" para línea de conducción de agua cruda y tratada. | |
| Un Reactor gran caudal 3" de flujo cruzado, (acrílico, fibra, polietileno, PVC. | |
| Un reactor cinético para mejorar eficiencia del sulfato. | |
| Lechos filtrantes, duales, arenas, gravas, antracita. | |
| Válvulas mariposa en zona filtración 2". | |
| Tres manómetros | |
| Tubería y accesorios 2" y 1". | |
| Medidor robusto de 2" agua limpia. | |
| Suministro material eléctrico para interconexión de equipos. | |
| Tablero eléctrico para manejo de bombas y automatización. | |
| Área de planta estimada (según cotizante) | 30 |
| Desagües, andenes, movilidad estimado | 6 |
| Caseta de operaciones | 49 |
| Lechos de secado | 40 |
| Separaciones, interconexiones, desagües, andenes y zonas verdes | 35 |
| Total área planta estimada | 160 |

Esta tecnología implica adición de coagulante, consumo de energía y mayores costos de operación y mantenimiento que inciden en la tarifa.

Nota: Se estima en área de andenes, canaletas de aguas lluvias, para interconexiones, desagües y movilidad el área de la planta con estructuras sola; esta área es en valor absoluto, dependerá de la topografía y pendiente del terreno lo cual podrá requerir de separaciones mayores para el manejo de taludes. No se incluyen zonas verdes. Se incluye área estimada de lechos de secado y casetas con base en experiencias Cinara en otros proyectos.El área de caseta se estima con base en predimensionamiento para este proyecto. Área de planta estimada en 160 m²

Tabla 9. Criterios por tecnología

| Criterio/tecnología | FiME | Filtración directa | Compacta | OBSERVACION |
|---|-------------|---------------------------|-----------------|---|
| Area requerida | +++++ | +++ | ++ | Fimerequire más area |
| Uso de energía | - | +++ | ++++ | Para el tratamiento |
| Turnos personal requeridos | + | +++++ | + | + un turno. +++++ 3 turnos |
| Uso de coagulante | - | +++ | +++++ | |
| Alta reposición de equipos y materiales | + | ++++ | +++++ | Cambio de bombas, manómetros, dosificadores por uso de químicos, etc. |
| Personal experto en operación y mantenimiento | ++ | ++++ | +++++ | |
| Efluente del tratamiento con microorganismos | + | +++++ | +++++ | Se parte que deben ser bien operadas. |
| Generación de residuos químicos en el lavado | - | ++++ | +++++ | |
| Costos de construcción | +++++ | +++ | ++ | |
| Costos de operación y mantenimiento | ++ | ++++ | +++++ | |

Con base en los criterios para cada tecnología establecidos en la Tabla 9, se concluye que la tecnología que mejores opciones muestra para el tratamiento del agua en la comunidad usuaria del acueducto de ASUAP, la tecnología es FiME.

1.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA

COMPONENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Filtro dinámico

Cuenta con estructura de entrada de 0.5 de ancho por 2.2 m de largo.

Estructura principal de dos líneas de tratamiento de 2.4 m de largo por 1 m de ancho y 0.70 m de profundidad.

Granulometría de 1 – 0.75 pulgadas con espesor de 20 cm en el fondo

Luego 0.5-0.75 pulgadas con espesor de 20 cm capa intermedia

Por último capa superficial de 0.25 – 0.5 pulgadas y 20 cm de espesor.

Estructura de rebose de 0.50 de ancho por 2.20 m de largo y 0.40 m de profundidad.

Cámara de desagüé de 2.2 m. de largo por 1 m de ancho y profundidad de 1.2m

Múltiples de 4 pulgadas el principal y 2 pulgadas el lateral con 5 laterales y orificios de 0.5 pulgadas por lateral y en total 10 orificios por lateral, separados 0.10 m. todas las tuberías en pvc sanitaria.

Válvula de apertura rápida de 4 pulgadas en total 2 y 2 válvulas de mariposa de 4 pulgadas para control de flujo.

Filtro grueso ascendente en capas

Estructura de entrada con regla de aforo para medición de caudal para cada filtro

Dos líneas de tratamiento cuadradas de 2.85 m de lado y 1.40 m de profundidad, por cada unidad.

Granulometría así.

En el fondo 1 -0.75 pulgadas de 0.30 m de espesor

La siguiente hacia arriba de 0.5 – 0.75 pulgadas y 0.30 m de espesor

La siguiente de 0.5 – 0.25 pulgadas de 0.40 m de espesor

Finalmente una capa superficial de 0.25 – 0.125 pulgadas y 20 cm de espesor

Borde libre de 20 cm.

Múltiple de 6 pulgadas el principal y laterales de 4 pulgadas en total 5 laterales separados 0.50 m

Orificios de 0.625 pulgadas separados 10 cm. Total 22 orificios por lado, es decir 44 orificios en total.

Válvula tipo wafer A.R. de 6 pulgadas, 2,

Cámara de desagüe de 1.5 m de ancho y 1.3 m de largo con 2.10 m de profundidad desde la corona de la estructura principal.

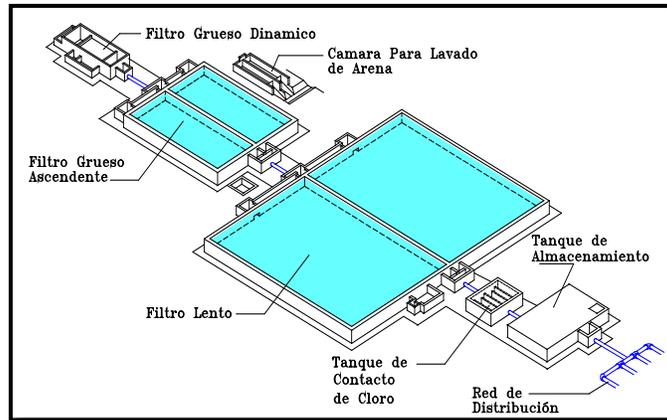
Cuenta con cámara de lavado de grava y arena.

Filtros lentos en arena

Dos unidades o líneas de tratamiento de 6.4 m de largo y 5.05 m de ancho para cada estructura. Profundidad 1.75 m

Arena especial para filtros con 0.8 m de espesor, lecho de soporte en arena gruesa y fina de 0.25 m de espesor y sobrenadante de 0.50 m. con borde libre de 0.20 m.

Estructura de recolección de agua tratada y de desagüe.



Esquema de planta FIME

2. POSIBLES ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DEL ACUEDUCTO

Con base en los resultados del diagnóstico a continuación se plantean algunas alternativas de optimización del sistema de abastecimiento de ASUAP.

2.1 FUENTE ABASTECEDORA

Se debe colocar un aviso en la fuente donde indique que el agua es usada para suministro de una comunidad por lo tanto no se debe bañar en la fuente.

2.2 BOCATOMA.

Alternativa 1. Se propone establecer contacto con la Junta del acueducto de La Leonera para solicitar que el caudal de 2.7 l/s necesarios para ASUAP sea captado desde la bocatoma de este acueducto un permiso de conexión. Debe conducirse hacia el sistema exclusivamente el caudal concesionado y la toma dentro de la cámara debe ser ahogada para impedir el paso del aire a la aducción. La alternativa incluiría una cámara de distribución hacia la bocatoma actual, con válvula de control y una longitud de tubería aproximada de 200 m en H.D.

Alternativa 2. Se propone diseñar y construir una nueva bocatoma para un caudal de captación de 2.7 l/s con base en la concesión de aguas. Esta estructura deberá construirse sobre todo el cauce con un dique toma y una estructura lateral de recolección de agua captada, para evitar que sea arrasada por la corriente como sucede con la actual. Los anclajes deberán estar debidamente empotrados y diseñados a medida del tiempo de retorno establecido por la normativa. Debe conducirse hacia el sistema exclusivamente el caudal concesionado y la toma dentro de la cámara debe ser ahogada para impedir el paso del aire a la aducción.

Con relación a los costos se estima que la alternativa 1 es de menor costo, de menor impacto sobre el ambiente y más rápida que la alternativa 2.

2.3 ADUCCIÓN

Se deben colocar ventosas en los sitios propuestos en el esquema adjunto (Figuras 5 y 6). Estas ventosas serán de ½" de triple y doble efecto. Estas ventosas facilitarán el funcionamiento del

desarenador debido a que impedirán la acumulación de aire en la tubería para continuar su flujo hacia el desarenador.

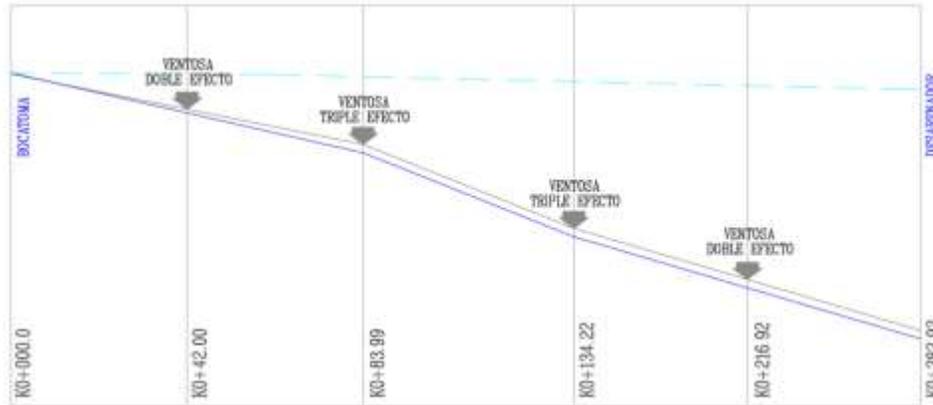


Figura 5. Nueva ubicación de ventosas en línea de aducción

La recomendación anterior se complementa con el presente diagrama donde se especifica los siguientes criterios de localización para cada tipo de ventosa:

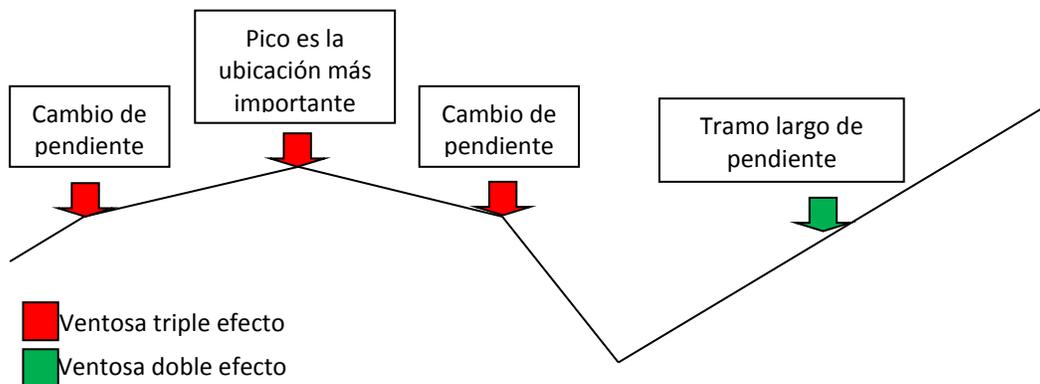


Figura 6. Esquema localización de

2.4 DESARENADOR

Se recomienda una impermeabilización del desarenador con los siguientes procedimientos:

- Una limpieza y abuzardada de la superficie de la estructura dejándola lista para champear.
- Aplicación de XYPEX concentrado para reparación de fisuras
- Aplicación de mortero 1:3 impermeabilizado con SIKA 1.

Debe operar el desarenador normalmente con frecuencias de lavado quincenal en invierno y mensual en verano. Este lavado corresponde al de evacuar los lodos acumulados en el fondo abriendo la válvula de desagüe hasta 1 m del nivel de agua y cerrando nuevamente. Esta actividad se debe hacer frecuentemente para evitar que el lodo, mínimo cada quince días, se condense internamente en el fondo de la estructura. Cada mes se debe hacer la limpieza completa del

desarenador. Se recomienda considerar enfáticamente la construcción de otro desarenador en paralelo.

2.5 CONDUCCIÓN

Se deben suspender las dos conexiones fraudulentas existentes en la conducción antes del tanque de almacenamiento. Esta suspensión se debe hacer con una comunicación oficial indicando al fraudulento que si continua con dicha labor de ilegalidad se expone a procedimientos jurídicos que lo podrían afectar. De modo que, una vez realizada esta gestión se deberá controlar el caudal de este tramo en rangos próximos al caudal de diseño de 2.7 L/s, nunca sobrepasando los 3,4 L/s.

2.6 TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

Se debe instalar una tapa sanitaria en reemplazo de la actual, para ello coloque alrededor del orificio de acceso al tanque un muro en concreto de 1:3 y con varillas de $\frac{1}{4}$ " de 5 cm de ancho por 5 cm de alto. Sobre dicho muro coloque la nueva tapa de acceso al tanque en concreto.

Realice una prueba de estanqueidad procediendo de la siguiente manera:

- Cierre la válvula de salida hacia la comunidad.
- Espere a que llene el tanque de almacenamiento.
- Suspenda la entrada de agua al tanque.
- Marque o haga una señal sobre la superficie del tanque del nivel de agua en el tanque.
- Deje el tanque así toda la noche.
- Al día siguiente mire el nuevo nivel de agua en el tanque.
- Reste el nivel inicial de agua en el tanque con el nivel de agua encontrado al día siguiente y dicho valor divídalo por la profundidad del tanque y multiplique por 100. Si este resultado es superior al 10%, el tanque tiene filtraciones. De lo contrario no tiene filtraciones.
- Ponga en funcionamiento nuevamente el tanque.

Si encuentra filtraciones en el tanque, haga el mismo procedimiento sugerido en el desarenador para el control de filtraciones.

Con relación a la capacidad faltante en el tanque, se debe construir un nuevo tanque de almacenamiento. Esta capacidad será definida en el diseño de la planta y también el respectivo diseño del tanque de almacenamiento.

2.7 DESINFECCIÓN.

Se puede aprovechar que la infraestructura para la dosificación del cloro existe. Para ello haga los siguientes procedimientos:

- Realice una conexión hidráulica tipo domiciliaria desde la tubería del acueducto de entrada al tanque hasta el tanque de plástico existente en la planta. Esta conexión es para llenar el tanque plástico de agua.

- Instale una llave de paso en la conexión nueva entre tanque y tanque plástico; sirve para cerrar el ingreso de agua cuando el tanque se llene.
- Instale un dosificador de cabeza constante con tubería de PVC por donde inyectará el cloro preparado en el tanque plástico al tanque de suministro para la desinfección.
- Agregue diariamente al tanque plástico el resultado de la mezcla de preparar 500 gramos de HTH granulado al 75% de pureza para garantizar una dosis 0.5 mg/l de cloro residual, para un caudal de 2.1 l/s. Este caudal es de operación, es decir el caudal que necesita la comunidad para su consumo y no para riego. Si el caudal es distinto, utilice la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 10. Cantidad de cloro a preparar, en gramos, por caudal de entrada al tanque de almacenamiento para un residual en red de 0.5 mg/l

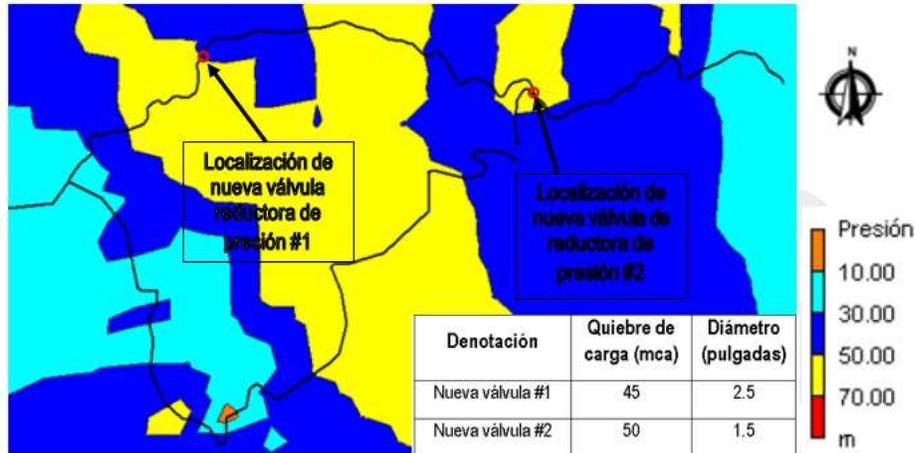
| CAUDAL L/s | CANTIDAD HTH en gramos | CLORO RESIDUAL ESTIMADO mg/l |
|------------|------------------------|------------------------------|
| 2 | 480 | 0.5 |
| 2.1 | 500 | 0.5 |
| 2.2 | 520 | 0.5 |
| 2.3 | 550 | 0.5 |
| 2.5 | 600 | 0.5 |
| 2.7 | 640 | 0.5 |

- Suspenda la dosificación de cloro cuando el agua esté turbia. Vuelva a aplicarla cuando desaparezca la turbiedad.
- Debe tener equipo para la medición del cloro residual libre. El cloro residual medido debe estar entre 0.3 y 2 mg/l.

2.8 RED DE DISTRIBUCIÓN.

- Verifique la existencia de posibles fugas en la red de distribución, especialmente en juntas o collarines, y corríjalas mediante el cambio de la tubería o el accesorio respectivo.
- Desarrolle un plan de ahorro y uso eficiente del agua con control de pérdidas en la red y a nivel domiciliar.
- Protocolice la medición de parámetros como presión en la red o caudal que pasa por la tubería, para que le permita evaluar el funcionamiento efectivo del sistema, es decir compare con los resultados y cuando existan cambios en las mediciones es porque algo malo está sucediendo. Aproveche los manómetros instalados en la red para verificar esta información.
- Instale en la estructura de distribución de flujos o caudales otra estructura que lo haga hidráulicamente y no por accesorios como existe actualmente. Para ello se debe hacer el diseño de la cámara respectiva por parte de un ingeniero hidráulico.

Instale en la red de distribución los siguientes accesorios para regular presión, los cuales se muestran en el esquema siguiente:



Esquema de localización de válvulas reguladoras de presión

- Ajuste el catastro de válvulas bajo las siguientes directrices de: a) Calibrar todas las válvulas existentes para que quiebren 45 m.c.a. o 64 PSI, independiente de las nuevas que se sugieren instalar; b) Renovar o reparar, bien sea el caso, las válvulas que se encuentren en mal estado, considerando la directriz anterior; c) Garantizar la corrección de potenciales fugas que puedan afectar la presión en la tubería puesto que, si esto no se hace, la instalación y el ajuste de válvulas podría perjudicar la red y causar desabastecimiento.

2.9 RELACIÓN CON LOS SUSCRIPTORES

Se debe hacer una asamblea con todos los usuarios para plantear los siguientes aspectos:

- El acueducto no debe continuar con uso de agua para riego en grandes extensiones de terreno, la concesión de aguas está dada para uso de agua para consumo humano, además en los estatutos se prohíbe el uso de agua para riego. Cada propietario de la finca debe resolver la necesidad de riego mirando otras fuentes cercanas o aprovechando los nacimientos existentes. De suspenderse totalmente el riego para que el acueducto funcione.
- Se deben legalizar los suscriptores que están conectados fraudulentamente al acueducto. De todas maneras ellos cuentan con servicio de agua actualmente.
- Se deben corregir los daños internos en las viviendas principalmente en las tuberías grifos y accesorios. La junta debe dar un plazo perentorio para ello y si no cumplen se verán en la posibilidad de desconexión del servicio.
- Es urgente la instalación de un sistema de tratamiento de agua potable en el sitio de planta disponible aledaño al tanque de almacenamiento y con base en el bajo riesgo existente en la microcuenca con la tecnología FiME, como se propuso en el presente documento. En caso que resulte la captación del agua desde la bocatoma de La Leonera,

ésta considerará las mismas condiciones de alternativa tecnológica propuestas en este documento ya que se hace de la misma fuente de abastecimiento, la quebrada El Roble.