

PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA
AES GENER – ALTO MAIPO

94085-APP-0000-MO-1500

Datos de Operación

Nombre del Proyecto : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
Proyecto N° : 94085-APP-0000
Fecha : Mayo 2016

Preparado por:
AGUASIN

APROBACIONES TECNICAS:						
Ingeniero de área		Francisco Olguín				
Gerente de Ingeniería		Claudio Lazo				
Cliente		Aes Gener – Alto Maipo				
Rev. N°.	Realizado por	Date	Revisado por	Date	Tipo de modificación	Aprobación Técnica
A	FO	May '16	RS	May '16	Emitido para información	A

1.0 **BASES DE DISEÑO**

El objetivo de la Planta de tratamiento de agua es tratar 25 [l/s] de agua de uso continuo, obtenidos desde las perforaciones.

La planta está diseñada para cumplir con los requerimientos de calidad y cantidad de agua que requiere Alto Maipo

A.- Análisis del agua de alimentación de la planta de tratamiento.

Ítem	Datos	Valor	Unidad
1	Caudal medio a tratar	25	L/s
2	Concentración de SST de entrada	800 - 2000	mg/l
3	Horas de trabajo diaria	12	Horas
3	pH del afluente	12	
4	Altura geográfica	< 1500	m.s.n.m.

- (1) Condición de diseño, cualquier cambio en estos valores altera la cantidad y calidad de agua producto producido.
- (2) Para realizar la proyección de la planta de tratamiento de agua se han tomado como referencia los valores máximos informados en los análisis de agua entregados en las bases técnicas.

B.- Garantías en la calidad del agua filtrada

Ítem	Datos	Valor	Unidad
1	PH efluente	6-8	
2	Sólidos Suspendidos Totales	< 80	mg SST /L

2.0 CONDICIONES GENERALES

Es importante destacar que el diseño está realizado sobre la Base de la información entregada por Alto Maipo. Cualquier cambio en el agua de alimentación al sistema, obligaría a verificar el diseño de la planta.

Dado lo anterior, el proceso contempla lo siguiente:

2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO

La planta clarificadora tiene las siguientes etapas:

- 2.1.1 Etapa de coagulación.
- 2.1.2 Etapa de floculación.
- 2.1.3 Etapa de sedimentación y clarificación en módulos de celdas (lamelas).
- 2.1.4 Etapa de Filtración
- 2.1.5 Etapa de Deshidratado de lodos

TRATAMIENTO

2.1.1 Etapa de Coagulación y Dosificación

Se considera previo a los Clarificadores CC-10 como medio de ayuda para realizar la Clarificación del agua y asegurar una turbiedad < 50 NTU.

Se dosifica Ácido Clorhídrico a la línea hasta obtener pH entre 6-8. El control de partida de la bomba dosificadora será manual.

El sistema de dosificación está compuesto de una bomba dosificadora. Se considera un estanque para almacenar el producto.

Se dosifica Coagulante (Clarisol 5200) a la línea. El control de partida de la bomba dosificadora será manual.

El sistema de dosificación está compuesto de una bomba dosificadora. Se considera un estanque para almacenar el producto.

En esta etapa la planta de pre-tratamiento recibe mediante bombeo una alimentación de 90 m³/hr, por una línea de 6" de diámetro, la cual es dividida en 3 para subalimentar los Clarificadores CC-10 marca Aguasin. Con esto comienza la Coagulación, que es la desestabilización electrostática de fuerzas repelentes entre partículas.

En la coagulación, las cargas superficiales de los sólidos suspendidos (conocidos como potencial z) impiden la colisión de partículas. Mediante la adición de iones con cargas opuestas, se produce la aglomeración de partículas generando los flóculos.

En la coagulación se generan microflóculos producto de los coloides neutralizados.

2.1.2 Etapa de Floculación

El proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua en forma de coloides, son convertidos en partículas aglomeradas se define como el proceso de floculación. La condición y tamaño de esos flóculos los hace sedimentables, flotables o filtrables, permitiendo una remoción virtualmente completa del agua.

El crecimiento de los flóculos (generación de macro-flocs) se logra mediante el entrelazado de las partículas, que producen grandes flóculos de fácil sedimentación a partir de pequeños y livianos, aumentando su masa.

Un pre-requisito en la floculación es que los microflóculos y el producto químico (floculante) logren entrar en contacto mediante la agitación.

Debido a que los macro-flocs pueden ser fácilmente destruidos, la mezcla debe ser lo más suave posible. Adicionando un floculante específico.

Para acelerar la generación de floculos se requiere de una cantidad suficiente de núcleos de cristalización (lodo de contacto). Lodo recientemente precipitado se recircula desde la etapa de sedimentación hacia la cámara de floculación.

La mezcla de agua prefloculada y lodo recirculado asciende por el movimiento lento de un agitador instalado en la cámara de floculación. Este proceso mejora fuertemente la precipitación y el agitador actúa como turbina.

La turbina recircula el agua cruda y la mezcla de agua prefloculada/lodo en la cámara de floculación. Para la generación de flóculos fácilmente sedimentables y para alcanzar dichas propiedades (tamaño, densidad, estabilidad) se dosifica un floculante. La cantidad de floculante así como la concentración de lodos son factores decisivos para remover sólidos disueltos y no disueltos.

La cantidad de lodo requerida se recircula desde la cámara de sedimentación del espesador hacia la etapa de precipitación mediante la bomba de lodo.

La mezcla lodo y agua fluye bajo un baffle hacia la zona quieta de la etapa de sedimentación.

2.1.3 Etapa de sedimentación y clarificación en módulos de celdas (lamelas)

La mezcla lodo/agua se distribuye a través de las celdas (lamelas) de la etapa de sedimentación y pasan a la zona de sedimentación desde abajo hacia arriba. La mayoría de los sólidos sedimentan en la parte baja del sistema.

La zona superior de sedimentación está equipada con celdas hexagonales inclinadas en 60°.

En la decantación con celdas hexagonales, la separación sólido/líquido ocurre al interior de los módulos separando el sólido por la parte inferior en un proceso contra-corriente. El sólido desciende a través del área libre bajo los módulos, mientras el agua clarificada asciende hacia la zona superior.

Las lamelas proveen una mayor velocidad ascendente y una mayor superficie de carga comparado con otro sistema de sedimentación. Se alcanza mayores eficiencias en sistemas compactos.

La etapa de sedimentación y espesamiento tiene forma de pirámide invertida, para lograr que los sólidos se deslicen hasta el fondo, esta etapa tiene una inclinación de 30°. Una bomba de lodo retira el lodo que se deposita en el fondo del sedimentador y recircula la fracción definida.

El agua libre de turbiedad (agua clarificada) se recibe en canaletas secundarias (2 por lado) dispuestas sobre las lamelas, las que depositan el agua en una canaleta principal, donde pasa de forma gravitacional hacia un estanque centina de 40 m³. Un sistema de bombeo que impulsa el agua clarificada a los filtros Floculadores FLMA-250.

2.1.4 Etapa de Filtración

Los filtros Floculadores AGUASIN son alimentados desde el estanque de paso de 40 m³ por un sistema de bombeo que consiste en 2 grupos motobomba de un caudal nominal de 81 m³/hr. La finalidad de estos equipos, es la separación física de las impurezas en suspensión que contiene el agua, lo cual se realiza mediante el proceso de filtración en profundidad, permitiendo clarificar agua a una turbiedad inferior a 2 NTU (*).

Según el tamaño del filtro, posee una o más cargas de sustentación y dos de filtración de granulometría seleccionada. El agua pasa a través de las capas en forma descendente, generándose así un proceso de coagulación- floculación de los coloides, como resultado del aumento progresivo de la velocidad del agua, lo que produce el rompimiento del equilibrio electroquímico de estos coloides. Este proceso de filtración

selectivo, permite una remoción de partículas a lo menos 5 veces más eficaz que en los filtros convencionales de cuarzo.

La finalidad de los filtros de profundidad es la separación física de las impurezas en suspensión que contiene el agua, lo que se realiza mediante el proceso de filtración en profundidad. Las impurezas contenidas en el agua quedan retenidas tanto en la superficie como en el interior del lecho filtrante.

2.1.4.1 Concepto de Filtración en Profundidad

La filtración en profundidad tiene por objeto eliminar las materias suspendidas en el agua, permitiendo así en diversos procesos llegar a obtener agua cristalina.

La filtración está basada en el proceso que utiliza dos capas filtrantes de minerales de granulometría y peso específico diferentes, sostenidas por una a cuatro capas soportantes, también de diferente granulometría.

Las capas filtrantes se ordenan ubicando de mayor a menor granulometría desde la parte superior del filtro hacia abajo, respectivamente. El agua a filtrar pasa a través de las capas filtrantes en forma descendente, las partículas en suspensión más grandes son retenidas por la primera capa, las que siguen por la segunda. De esta forma, la retención de las partículas se efectúa en toda la longitud de los lechos filtrantes, en la dirección del flujo de agua, es decir en toda la profundidad del lecho. Este fenómeno es el que da el nombre al sistema de filtración.

Con este método, se obtiene un proceso físico-químico de floculación espontánea, de algunas partículas coloidales, como resultado del aumento progresivo de la velocidad del agua que atraviesa las capas filtrantes, lo que produce el rompimiento del equilibrio electroquímico de estos coloides.

La filtración selectiva del proceso, permite una remoción de las partículas, a lo menos cinco veces más eficaz que en los filtros convencionales de cuarzo.

2.1.4.2 Usos de Filtro de Profundidad

La alta eficiencia en el trabajo de filtración, su sencilla operación y los bajos requerimientos de mantención, permiten la utilización de los filtros de profundidad en la clarificación de agua potable con una serie de ventajas comparativas frente a otros sistemas de filtración.

Estos equipos pueden ser utilizados en la clarificación de aguas provenientes de sistemas flocodecantadores en reemplazo de los filtros gravitacionales, principalmente cuando el estanque de almacenamiento de agua está a un nivel superior al decantador y requiere de un sistema de elevación.

Su reducido tamaño permite bajar considerablemente los costos de instalación de una planta de tratamiento de agua de tipo convencional, en sistemas de tamaño mediano.

Cuando la turbiedad del agua es inferior a 50 NTU, es posible clarificar aguas directamente a través de un filtro de profundidad, debido a su alta capacidad para retener partículas en suspensión, lo que permitirá operar períodos razonablemente largos entre cada retrolavado.

2.1.4.3 DESCRIPCION DEL EQUIPO

El filtro de profundidad a presión, marca AGUASIN modelo FLMA-250, está formado por un cuerpo de forma cilindro vertical, fabricado en acero, que posee dos fondos bombeados hidráulicamente con pestañas tipo Mannesmann. En la parte superior del manto cilíndrico cuenta con una tapa registro, en el fondo inferior tienen otra tapa registro y cuatro patas con sus respectivas bases y refuerzos. Interiormente, poseen un colector vertebrado.

El cuerpo de acero es cargado con grava soportante C-2, C-3, C-4, C-5 y dos capas filtrantes, una de CARENIT C-8 y la otra de CARENIT AN. Las capas filtrantes se ordenan ubicando las de mayor granulometría en la parte superior del filtro, seguidas por las de menor granulometría. El agua a filtrar pasa a través de las capas filtrantes en forma descendente, en donde es recolectada mediante una tobera.

2.1.4.4 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES

Las operaciones necesarias para el funcionamiento y el efecto de cada una de ellas, son las siguientes:

Servicio:

Durante el servicio, el agua fluye en sentido descendente a través del lecho.

El proceso de filtración continúa hasta que por el lecho ha pasado una cantidad de agua, previamente definida. En este momento se debe iniciar el retrolavado del equipo.

Retrolavado:

Durante esta etapa, el agua arrastra las impurezas que han quedado retenidas por la acción filtrante del lecho durante el servicio y la bota al drenaje. Además, el retrolavado esponja el lecho que se ha apretado durante el servicio. El efluente del filtro en esta operación va a desagüe.

El agua para efectuar la operación retrolavado debe ser limpia.

Lavado:

Es la operación para remover las partículas en suspensión que han sido retenidas en la parte inferior del filtro durante la operación de retrolavado.

2.1.5 Etapa de Deshidratado de lodos

Se acondiciona el lodo en un estanque de 10 m³ agitado donde es agregado floculante. Luego de esto el lodo pasa al filtro prensa de operación automática, donde el lodo es prensado y deshidratado. El agua del lodo filtrado pasa al estanque de agua filtrada y el lodo seco puede ser llevado a disposición final.

2.2 TABLERO DE FUERZA DE LA PLANTA

Tablero metálico, grado de protección IP-55, medidas 2100 de alto x 800 de ancho y 400 mm de profundidad. En su interior se alojan todos los partidores para alimentar la planta de aguas.

Como alimentador general contamos con un interruptor 3x100 A marca Lovato y para revisar que el tablero se encuentre energizado se tienen tres luces de presencia de fases.

Bombas de Impulsión (cantidad:2)

Cada grupo motobomba considera un interruptor 3x25 A y un equipo electrónico partidor suave marca Allen Bradley.

Para su control cuenta con botonera Partir-Parar,

Posee luces de funcionamiento (color verde) y de falla térmica (color rojo)

Agitadores (cantidad:6)

Considera cuatro interruptores 3x6 A y dos interruptores 3x4 A. Cada partidor directo está compuesto por un contactor tripolar y un relé de sobrecarga marca Lovato

Para su control cuenta con botonera Partir-Parar.

Posee luces de funcionamiento (color verde) y de falla térmica (color rojo)

Bombas de Lodos (cantidad:3)

Considera un interruptor 3x4 A y un partidor directo compuesto por un contactor tripolar y un relé de sobrecarga marca Lovato

Para su control cuenta con botonera Partir-Parar.

Posee luces de funcionamiento (color verde) y de falla térmica (color rojo)

Alimentadores en General

Se considera un alimentador de 3x40 A para alimentar al tablero filtro prensa.

Para alimentar las bombas dosificadoras se considera en el TDFyC dos alimentadores de 1x6 A.

REPORTE ENSAYO DE TRATABILIDAD HIDROELÉCTRICA ALTO MAIPO

- **PLANTA VL8**

Se realizan los ensayos de tratabilidad mediante metodología de Jar Test con muestra de agua de infiltración de planta de tratamiento VL8. En la tabla N° 1, se presentan las características de la muestra de agua sin tratamiento químico y la dosis de HCl_2 32[%] utilizada para neutralizar pH.

Tabla N° 1. Característica muestra de agua de infiltración VL8.

Parámetro	Valor
SST [ppm]	1047
pH	11
HCl_2 [ppm]	75

En la tabla N°2, se presenta el tratamiento químico seleccionado por Aguasin y en la figura N° 1, se observa la formación de flóculos y calidad de clarificado.

Tabla N° 2. Ensayo Tratabilidad seleccionado por Aguasin

Tratamiento Aguasin	
Coagulante	Clarisol 5200
Dosis [ppm]	100
Floculante	Clarisol A4020L
Dosis [ppm]	5
Turbiedad Clarif. [NTU]	2,87
SST Clarif. [ppm]	4
Remoción SST [%]	99,6

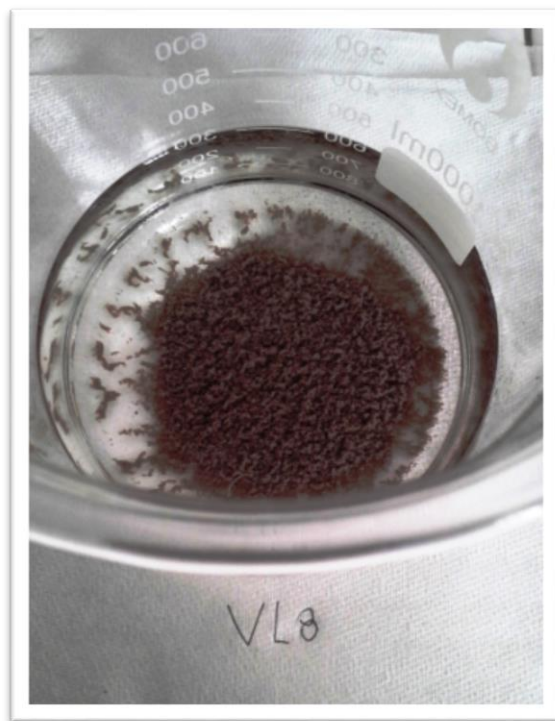


Figura N° 1. Floculación y calidad de clarificado VL8

- **PLANTA VA1**

Se realizan los ensayos de tratabilidad mediante metodología de Jar Test con muestra de agua de infiltración de planta de tratamiento VA1. En la tabla N° 3, se presentan las características de la muestra de agua sin tratamiento químico y la dosis de HCl_2 32[%] utilizada para neutralizar pH.

Tabla N° 3. Característica muestra de agua de infiltración VA1

Parámetro	Valor
SST [ppm]	4090
pH	11
HCl_2 [ppm]	160

En la tabla N°4, se presenta el tratamiento químico seleccionado por Aguasin y en la figura N° 2, se observa la formación de flóculos y calidad de clarificado.

Tabla N° 4. Ensayo Tratabilidad seleccionado por Aguasin

Tratamiento Aguasin	
Coagulante	Clarisol 5200
Dosis [ppm]	100
Floculante	Clarisol A4020L
Dosis [ppm]	15
Turbiedad Clarif. [NTU]	3,08
SST Clarif. [ppm]	22
Remoción SST [%]	99,4



Figura N° 2. Floculación y calidad de clarificado VA1

- **PLANTA L1**

Se realizan los ensayos de tratabilidad mediante metodología de Jar Test con muestra de agua de infiltración de planta de tratamiento L1. En la tabla N° 5, se presentan las características de la muestra de agua sin tratamiento químico y la dosis de HCl_2 32[%] utilizada para neutralizar pH.

Tabla N° 5. Característica muestra de agua de infiltración VA1

Parámetro	Valor
SST [ppm]	462
pH	11
HCl_2 [ppm]	107

En la tabla N°6, se presenta el tratamiento químico seleccionado por Aguasin y en la figura N° 3, se observa la formación de flóculos y calidad de clarificado.

Tabla N° 6. Ensayo Tratabilidad seleccionado por Aguasin

Tratamiento Aguasin	
Coagulante	Clarisol 5200
Dosis [ppm]	100
Floculante	Clarisol A4020L
Dosis [ppm]	5
Turbiedad Clarif. [NTU]	2,96
SST Clarif. [ppm]	9
Remoción SST [%]	98



Figura N° 3. Floculación y calidad de clarificado L1

- **CONDICIONES DE APLICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y CONSUMOS**

Según caudal de tratamiento de agua de 90 [m³/h], las capacidades de las bombas de inyección de agente coagulante-floculante se detallan a continuación en la tabla N° 7 para cada planta. Cabe destacar que la inyección del agente floculante en emulsión Clarisol A4020L, debe ser diluido en línea con agua mediante mezclador estático para su preparación previa aplicación a equipo sedimentador lamelar. Cabe destacar que se utiliza un factor de seguridad 1,5 para determinar capacidad de bombas de inyección.

Tabla N° 7. Bombas de Inyección de Productos Químicos

VL8	
Producto	Bomba Inyección [L/h]
Clarisol 5200	11
Clarisol A4020L	0,7
Agua Dilución	140
VA1	
Producto	Bomba Inyección [L/h]
Clarisol 5200	11
Clarisol A4020L	2
Agua Dilución	400
L1	
Producto	Bomba Inyección [L/h]
Clarisol 5200	11
Clarisol A4020L	0,7
Agua Dilución	140

NOTA: * LA BOMBA DE INYECCIÓN DE CLARISOL 5200 DEBE CONSIDERAR VISCOSIDAD DE 1 CPS Y pH 3.

* LA BOMBA DE INYECCIÓN DE CLARISOL A4020L DEBE CONSIDERAR VISCOSIDAD DE 2000 CPS.

En la tabla N° 8 se presentan los consumos mensuales de los productos seleccionados por planta.

Tabla N° 8. Consumos de Productos Químicos.

VL8	
Productos	Consumo [Kg/mes]
Clarisol 5200	6480
Clarisol A4020L	324
VA1	
Productos	Consumo [Kg/mes]
Clarisol 5200	6480
Clarisol A4020L	972
L1	
Productos	Consumo [Kg/mes]
Clarisol 5200	6480
Clarisol A4020L	324



REPORTE ENSAYO TRATABILIDAD ALTO MAIPO

- PLANTA EL VOLCÁN**

Se realizan los ensayos de tratabilidad mediante metodología de Jar Test con muestra de agua de infiltración de planta El Volcán. En la tabla N° 1, se presentan las características de la muestra de agua sin tratamiento químico.

Tabla N° 1. Característica muestra de agua de infiltración planta El Volcán

Parámetro	Valor
SST [ppm]	495
Turbiedad [NTU]	794
pH	6

En la tabla N°2, se presenta el tratamiento químico seleccionado por Aguasin y en la figura N° 1, se observa la formación de flóculos y calidad de clarificado.

Tabla N° 2. Ensayo Tratabilidad seleccionado por Aguasin

Tratamiento Aguasin	
Coagulante	Clarisol 5200
Dosis [ppm]	130
Floculante	Clarisol A4040L
Dosis [ppm]	15
Turbiedad Clarif. [NTU]	23,5
SST Clarif. [ppm]	20
Remoción SST [%]	96



Figura N° 1. Floculación y calidad de clarificado Planta El Volcán.

Alejandra Marín Herrera
Jefe de Línea RILes, Agua Potable y AASS
División Productos Químicos
AGUASIN SpA