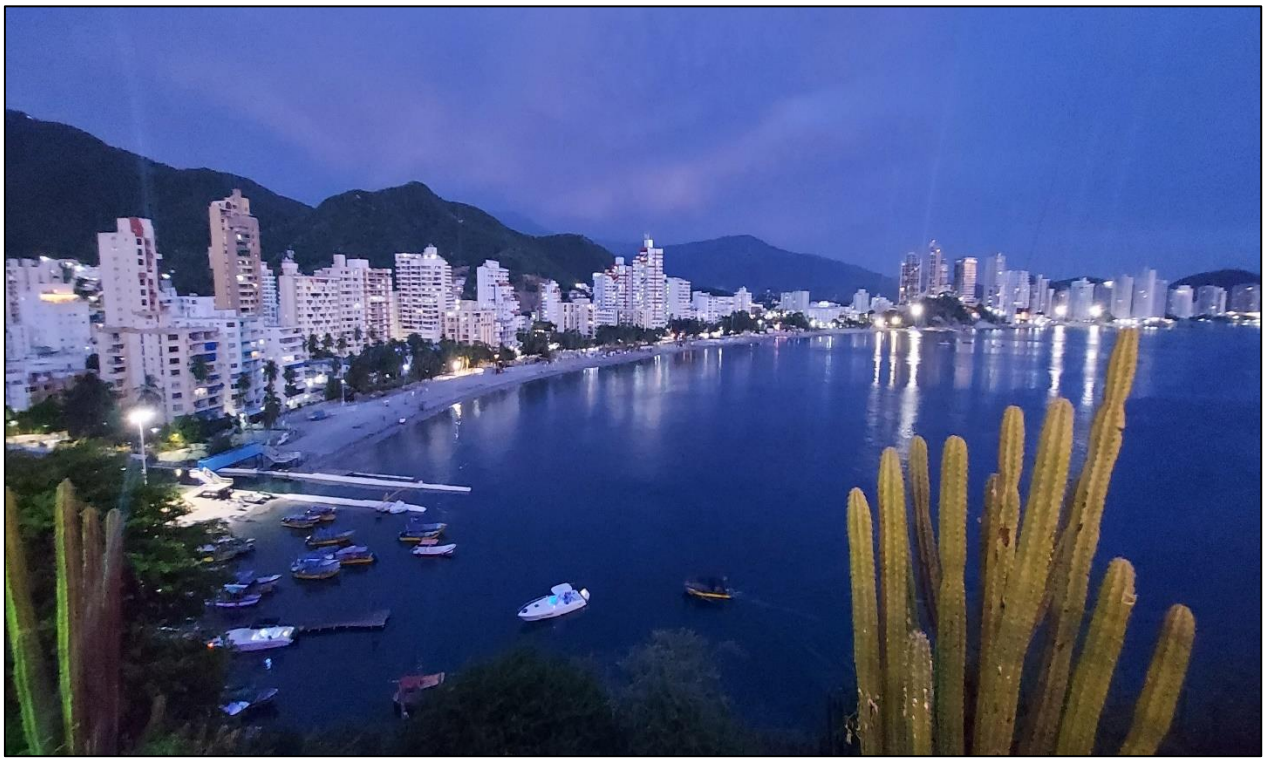
ALCALDÍA DE SANTA MARTA
Distrito Turístico, Cultural e Histórico

CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DENOMINADO "EL CURVAL" EN LA ZONA URBANA Y RURAL DE SANTA MARTA D.T.C.H.

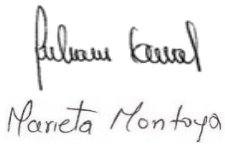


INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN EL CURVAL

DICIEMBRE DE 2022

CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DENOMINADO "EL CURVAL" EN LA ZONA URBANA Y RURAL DE SANTA MARTA D.T.C.H.

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Título documento: Instructivo de operación Planta de Potabilización El Curval				
Código del documento: CURSAM_AC_D_IN_03_Intructivo_OP_PTAP_V1				
APROBACIÓN	**NÚMERO DE REVISIÓN**		**1**	**2**
	Elaboración	**Nombre**	Julián Gual Marieta Montoya	
		Firma		
		Fecha	Diciembre2022	
	Revisión	**Nombre**	Fernando Taborda	
		Firma		
		Fecha	Diciembre2022	
	Interventoría	**Nombre**	Universidad de Antioquia	
		Firma		
		Fecha	Diciembre2022	

CONTENIDO

1. MANUAL DE OPERACIONES PLANTA DE POTABILIZACION EL CURVAL 6

1.1 GENERALIDADES 6
1.2 CALIDAD DEL AGUA Y ENSAYOS DE TRATABILIDAD 6
1.3 DESCRIPCION Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO 7
1.4 VÁLVULAS DE CONTROL DE CAUDAL 9
1.5 CAMARA DE AQUIETAMIENTO DE CAUDAL 10
1.6 CANAL DISTRIBUIDOR DE CAUDAL 11
1.7 FLOCULACION MECÁNICA 12
1.8 SEDIMENTACION DE ALTA TASA 16
1.9 FILTRACION RAPIDA DE TASA DECLINANTE 18
1.10 DESINFECCION Y TANQUE DE CONTACTO DE CLORO 21
1.11 SISTEMA TRATAMIENTO DE LODOS 24
1.11.1 PIT de lodos 25
1.11.2 Espesador de lodos 27
1.11.3 Tanque acondicionador de lodos 29
1.11.4 Filtro Prensa 31
1.12 DISEÑO HIDRAULICO TANQUE DE RECIRCULACIÓN 32
1.12.1 Retrolavado de batería de filtros de 100l/s cada una 33

2. OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO 36

2.1 OPCIONES DE OPERACIÓN Y CONTROL EN LA CAMARA DE AQUIETAMIENTO Y DE DISTRIBUCION DE CAUDALES 36
2.1.1 Medición de caudal en las dos canaletas Parshall 39
2.2 FLOCULACION MECÁNICA 40
2.2.1 Desagüe de floculadores 40
2.3 SEDIMENTACIÓN DE ALTA TASA 44
2.3.1 Lavado de los sedimentadores 44
2.4 FILTROS RÁPIDOS DE TASA DECLINANTE 51
2.4.1 Lavado de un filtro 51
2.4.2 Desagüe general de los filtros 54
2.5 TANQUE DE CONTACTO DE CLORO Y DESINFECCIÓN 55
2.6 DEPÓSITO Y APLICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS 58
2.6.1 Policloruro de aluminio 58
2.6.2 Polímero deshidratante 62
2.6.3 Hipoclorito de sodio 65

LISTADO DE TABLAS

TABLA N° 1 DOSIS DE COAGULANTE 7
TABLA N° 2 RELACIÓN DE VELOCIDADES, GRADIENTES Y POTNCIAS EN FLOCULADORES MECÁNICOS 14
TABLA N° 3 CONFORMACIÓN DE LECHO FILTRANTE PARA FILTRO DE Q=100L/S 19
TABLA N° 4 RELACIÓN VÁLVULAS Y COMPUERTAS EN CÁMARA DE AQUIETAMIENTO Y CANAL DE APROXIMACIÓN 39
TABLA N° 5 SENSORES DE NIVEL CANALETAS PARSHALL 39
TABLA N° 6 VÁLVULAS DE INGRESO A FLOCULADORES 42
TABLA N° 7 VÁLVULAS DE DESAGÜE DE FLOCULADORES 43
TABLA N° 8 VÁLVULAS DE EXTRACCIÓN DE LODOS DE LOS SEDIMENTADORES 45
TABLA N° 9 VÁLVULAS DE INGRESO A TANQUES ESPESADORES 46
TABLA N° 10 VÁLVULAS DE SALIDA DE TANQUES ESPESADORES 46
TABLA N° 11 VÁLVULAS DE SALIDA DE TANQUES ACONDICIONADORES 48
TABLA N° 12 DOSIS DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y CAUDAL DE APLICACIÓN 58
TABLA N° 13 ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE 61
TABLA N° 14 PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE DESHIDRATANTE 63
TABLA N° 15 PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO 67

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA N° 1 DIAGRAMA DE PROCESOS 8
FIGURA N° 2 VÁLVULA DE CONTROL DE CAUDAL A LA PTAP EL CURVAL - PLANTA 9
FIGURA N° 3 VÁLVULA DE CONTROL DE CAUDAL A LA PTAP EL CURVAL - PERFIL 9
FIGURA N° 4 CÁMARA DE AQUIETAMIENTO Y CANAL DE APROXIMACIÓN - PERFIL 10
FIGURA N° 5 CÁMARA DE AQUIETAMIENTO Y CANAL DE APROXIMACIÓN - PLANTA 11
FIGURA N° 6 CÁMARA DE REPARTICIÓN DE CAUDAL - PLANTA 11
FIGURA N° 7 FLOCULADORES MECÁNICOS - PLANTA 12
FIGURA N° 8 CANAL DE ACCESO A LOS FLOCULADORES - PERFIL 13
FIGURA N° 9 SISTEMA DE PALETAS Y MOTOR EN FLOCULADORES 13
FIGURA N° 10 FLOCULADOR MECÁNICO - PERFIL 16
FIGURA N° 11 SEDIMENTADOR DE ALTA TASA - PLANTA 16
FIGURA N° 12 SECCIONES SEDIMENTADOR DE ALTA TASA 18
FIGURA N° 13 FILTROS RÁPIDOS - PLANTA 20
FIGURA N° 14 FILTROS RÁPIDOS – CORTE LONGITUDINAL 21
FIGURA N° 15 FILTROS RÁPIDOS – CORTE TRANSVERSAL 21
FIGURA N° 16 TANQUES DE CONTACTO DE CLORO Y ALMACENAMIENTO SECTOR CURVAL – PLANTA Y PERFIL 23
FIGURA N° 17 VISTA EN PLANTA Y SECCIÓN DEL TANQUE DE PASO 24
FIGURA N° 18 VISTA EN PLANTA Y SECCIÓN PIT DE LODOS 26
FIGURA N° 19 VISTA EN PLANTA Y SECCIÓN ESPESADOR DE LODOS 28
FIGURA N° 20 VISTA EN PLANTA Y SECCIÓN ACONDICIONADOR DE LODOS 29
FIGURA N° 21 ESQUEMA FILTRO PRENSA 32
FIGURA N° 22 NIVEL DEL TANQUE DE RECIRCULACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO DE UNA BATERÍA DE 400L/S 34
FIGURA N° 23 VISTA EN PLANTA Y SECCIÓN TANQUE DE RECIRCULACIÓN 35
FIGURA N° 24 VERTEDERO DE SALIDA EN CÁMARA DE AQUIETAMIENTO VISTA EN PLANTA Y PERFIL 37
FIGURA N° 25 DETALLE DE COMPUERTA LATERAL DESLIZANTE PARA CANALETAS PARSHALL 38
FIGURA N° 26 LÍNEA DE DESAGÜE FLOCULADORES - PLANTA 41

FIGURA N° 27 EXTRACCIÓN DE LODOS DEL SEDIMENTADOR 44
FIGURA N° 28 TUBERÍAS DE SALIDA Y MUESTREO DE CLARIFICADO DE SEDIMENTADOR 47
FIGURA N° 29 VISTA EN PLANTA DE LA UBICACIÓN DE TANQUES ACONDICIONADORES 49
FIGURA N° 30 LAVADO DE UNA UNIDAD DE FILTRACIÓN 51
FIGURA N° 31 TUBERÍA DE DESAGÜE DE FILTROS A TANQUE DE RECIRCULACIÓN 55
FIGURA N° 32 DETALLE BOMBEOS DEL TANQUE SECTOR CURVAL 2 A LABORATORIO Y TANQUE DE SERVICIO 56
FIGURA N° 33 CAJA DE VÁLVULAS DE DESAGÜES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO 57
FIGURA N° 34 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PAC 59
FIGURA N° 35 PUNTO DE APLICACIÓN DEL COAGULANTE EN LAS CANALETAS PARSHALL 60
FIGURA N° 36 ISOMÉTRICO TANQUE DE PREPARACIÓN DE DESHIDRATANTE 62
FIGURA N° 37 ISOMÉTRICO TANQUE DOSIFICADOR DE DESHIDRATANTE 63
FIGURA N° 38 VISTA EN PLANTA Y PERFIL TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CLORO 66

1. MANUAL DE OPERACIONES PLANTA DE POTABILIZACION EL CURVAL

1.1 GENERALIDADES

La planta de potabilización El Curval para servicio del acueducto de la ciudad de Santa Marta, Magdalena, se proyecta con una capacidad de 2400 litros/segundo (2,4 m^3/seg), que cubrirá la demanda de la población en los próximos 25 años; esta capacidad se distribuye en tres (3) módulos de 800 litros/segundo y a su vez, cada uno está compuesto por dos (2) módulos de 400 litros/segundo, donde inicialmente se tratara las aguas proveniente del rio Piedras.

El sistema de tratamiento es del tipo convencional, con accionamiento hidráulico y dispone de unidades de aquietamiento, medición de caudal, mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración, desinfección, sistema de tratamiento de lodos y recirculación de aguas de lavado de filtros.

El agua proveniente del río Piedras ingresan a la cámara de aquietamiento de dimensiones útiles de ahí es conducida 3m x 1,40m x 5,7m, posteriormente, el agua ingresa al canal general de entrada y los floculadores.

1.2 CALIDAD DEL AGUA Y ENSAYOS DE TRATABILIDAD

En cumplimiento de las normas vigentes sobre calidad de agua para consumo humano se realizaron pruebas de tratabilidad -ensayos de jarras- en la fuente de abastecimiento del río Piedras, en dos épocas del año, que corresponden a períodos secos y a períodos lluviosos. Estos ensayos son fundamentales para el diseño de las operaciones unitarias de la planta como son floculación y sedimentación. También se realizaron análisis fisicoquímicos con el fin de determinar los contenidos de otras sustancias en el agua y compararlos con la Norma de calidad vigente, la Resolución 2115 de 2007, para determinar la necesidad de adición de productos químicos para potabilizar el agua de consumo.

Como la planta de tratamiento inicialmente operara con la fuente de abastecimiento del rio Piedras, se realizaron los análisis de laboratorio en diferentes épocas del año, para así poder realizar los diseños considerando las condiciones críticas

Las muestras de agua se tomaron en la cámara de entrada a la planta Mamatoco para el río Piedras y siguiendo los protocolos exigidos para toma de muestras y cadena de custodia para su envío al laboratorio.

Los análisis fueron realizados en diferentes épocas, en noviembre de 2021 y enero de 2022, por los laboratorios Masterquin S.A.S y laboratorio calidad de agua grupo PFA UdeA.

El rio Piedras, presentan un comportamiento muy regulado en sus características fisicoquímicas, por lo tanto, es adecuado como fuente de suministro de agua para la planta de tratamiento. De acuerdo a los resultados presentados en los informes de calidad de agua y tratabilidad, se realizaron pruebas de jarras se utilizaron dos (2) clases de coagulantes: policloruro de aluminio (PAC) y sulfato de aluminio, obteniéndose mejores resultados con el PAC, con menores dosis aplicadas en miligramos/litro (mg/lt).

Las dosis óptimas encontradas se resumen en el siguiente cuadro, de acuerdo con la información consignada en el Informe Técnico CURSAM_AC_D_IN_01_InfoTratabilidad_V2, referente al Estudio de Calidad del agua y Tratabilidad:

TABLA N° 1 DOSIS DE COAGULANTE

Fuente de abastecimiento	MASTERQUIN S.A.S (Noviembre/2021)		GRUPO PFA UdeA (Enero/2022)	
	TURBIEDAD (UNT)	Policloruro de aluminio PAC (mg/l)	TURBIEDAD (UNT)	Policloruro de aluminio PAC (mg/l)
Ríos Piedras -	130	14	1,61	13,9

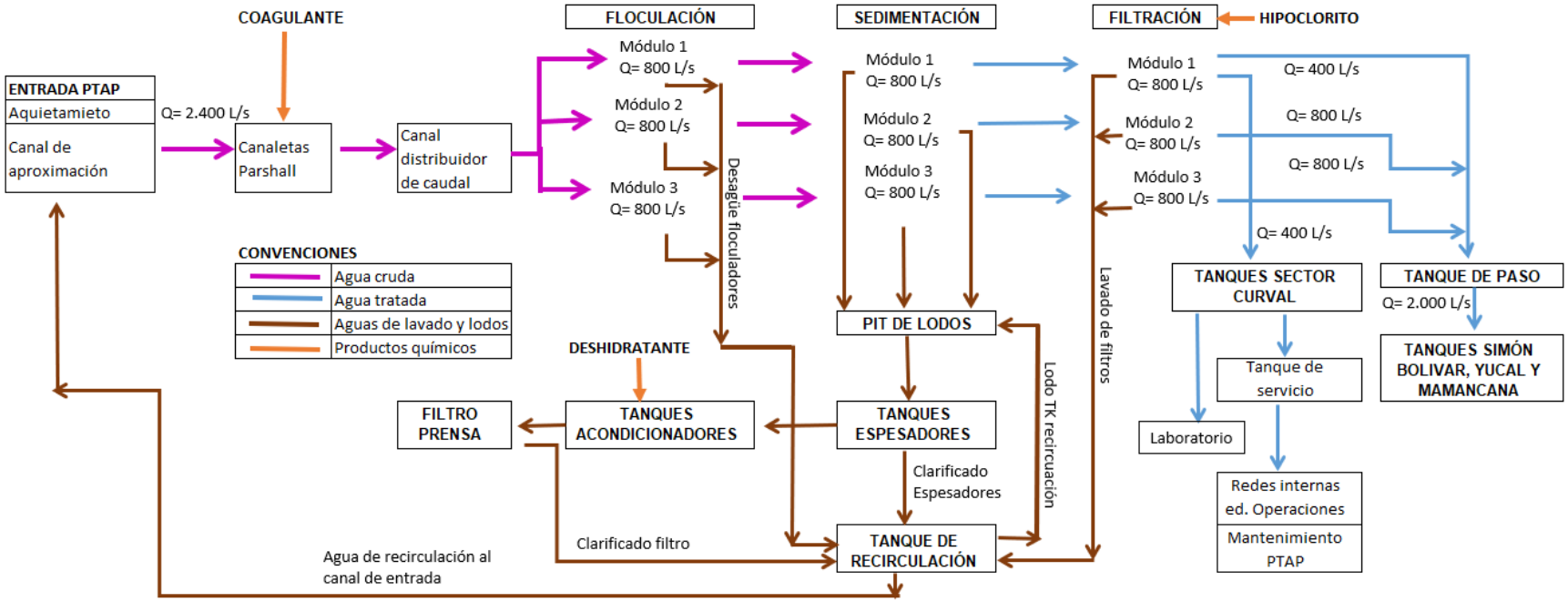
Con estas dosis óptimas se logra disminuir los contenidos de turbiedad a menos de 1.0 UNT y el de color a menos de 9 UPC, según lo reglamentado en la Norma de calidad vigente. Igualmente se adelantaron pruebas para determinar los tiempos óptimos de floculación, que resultaron del orden de 7 a 21 minutos. Se determinó también la velocidad crítica de sedimentación. El tiempo requerido es de 10 minutos, con velocidad de 1,68 m/día.

Adicionalmente se determinó la demanda óptima de cloro, la cual se encuentra entre 0,9 y 2,5 mg/lt, lo cual exige un cloro residual en la red de distribución entre 0,3 y 2,0 mg/lt; la dosis mínima aplicable es de 2,1 mg/lt hasta un máximo de 2,6 mg/lt.

1.3 DESCRIPCION Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

A continuación, se describirá tanto las características de cada estructura componente de la PTAP, así como su funcionamiento en las diferentes situaciones que se pueden presentar. En la imagen 1 se observa un diagrama conceptual desde la entrada del agua cruda, pasando por varios procesos físicos y químicos, hasta el almacenamiento del agua tratada para su consumo.

FIGURA N° 1 DIAGRAMA DE PROCESOS

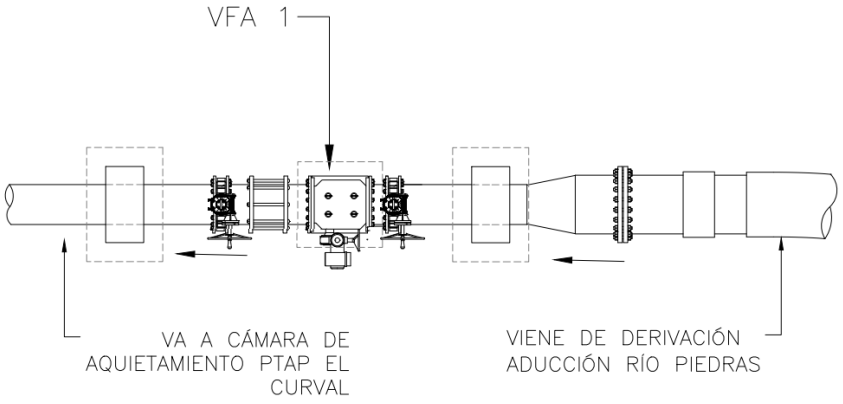


Fuente: Sanear S.A

1.4 VÁLVULAS DE CONTROL DE CAUDAL

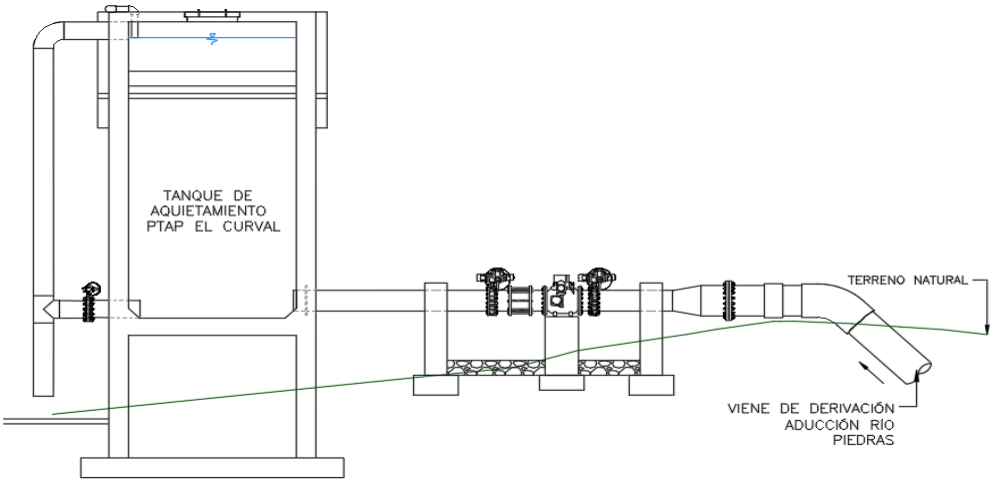
Las válvulas están localizadas antes de la entrada a la cámara de aquietamiento y después del punto donde se deriva la conducción del rio Piedras hacia la planta de potabilización El Curval, las dos válvulas son de flujo anular o de chorro múltiple para controlar el caudal que pasa por cada una de las tuberías FIGURA N° 2 y FIGURA N° 3.

FIGURA N° 2 VÁLVULA DE CONTROL DE CAUDAL A LA PTAP EL CURVAL - PLANTA



Fuente: Sanear S.A

FIGURA N° 3 VÁLVULA DE CONTROL DE CAUDAL A LA PTAP EL CURVAL - PERFIL



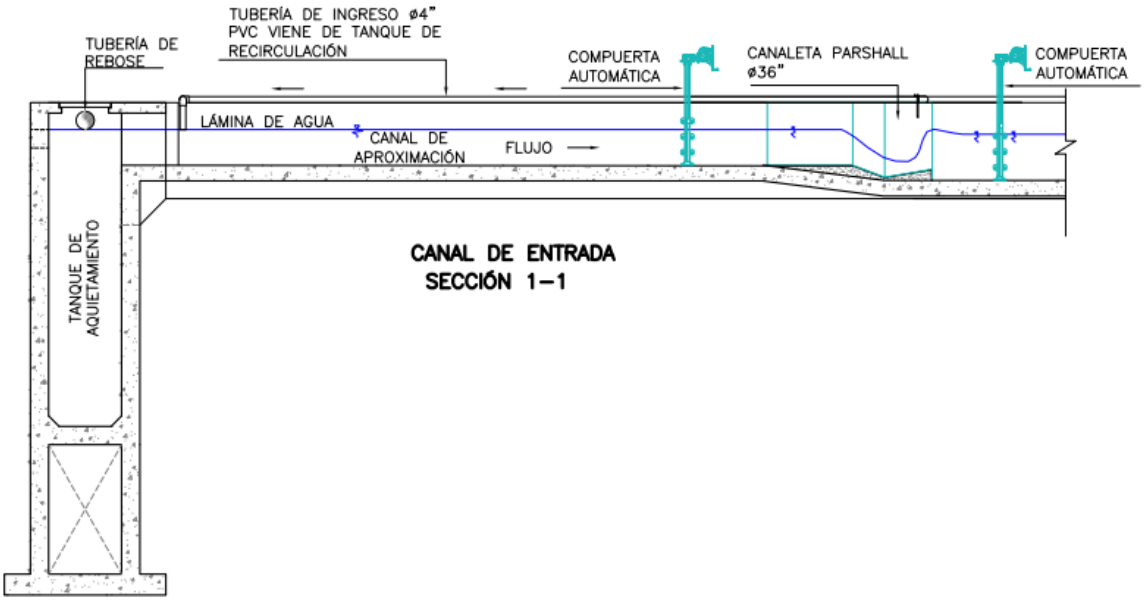
Fuente: Sanear S.A

1.5 CAMARA DE AQUIETAMIENTO DE CAUDAL

Se dispone de una (1) cámara de aquietamiento, con dimensiones útiles de 3m x 1,40m y altura de 5,70 m. La cámara tiene capacidad para recibir 2,4 m^3/s. La altura efectiva de agua permite mantener un borde libre de 0,68m en toda la superficie. La estructura será en concreto reforzado impermeabilizado, de resistencia a la compresión f¨c de 4000 psi (280 K/cm2).

De la cámara de aquietamiento por rebose se pasa al canal de aproximación donde se encuentran ubicadas las canaletas Parshall con capacidad máxima cada una de 1200 l/s, este canal tiene una longitud de 17,2m, ancho 3,4m y una altura de 1,2m. FIGURA N° 4.

FIGURA N° 4 CÁMARA DE AQUIETAMIENTO Y CANAL DE APROXIMACIÓN - PERFIL

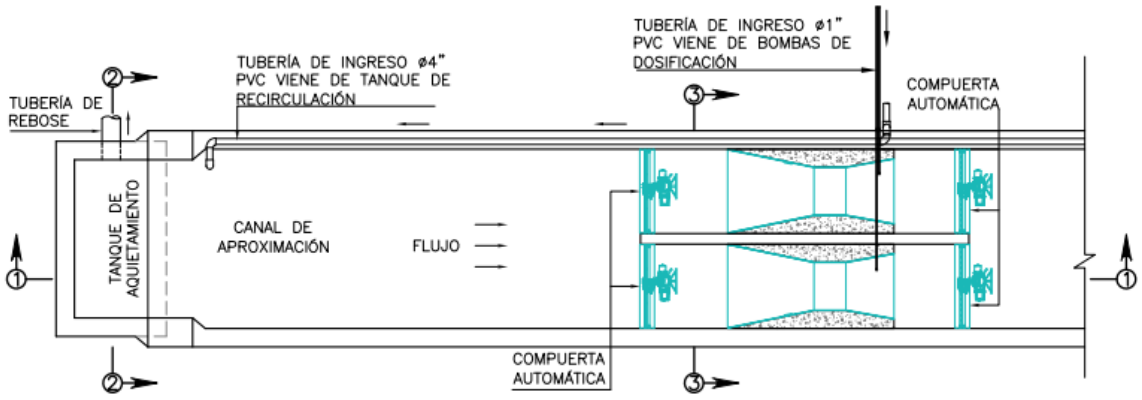


Fuente: Sanear S.A

El paso por cada una de las canaletas Parshall será controlado por una compuerta metálica deslizante dotada de un actuador cada una, las dimensiones de cada compuerta son 1,60 m x 0,80m., identificadas con los códigos 100-CH-02A y 100-CH-02B. Básicamente, estos dos elementos están diseñados para permitir el paso de las aguas dependiendo del caudal a tratar en la planta. Para este efecto, se tiene accionamiento electroactuado, que se maneja desde el centro de control ubicado en el edificio de operación, aunque también es posible su accionamiento manual, mediante la rueda de manejo superior, que permite el desplazamiento del eje vertical de acero y, por tanto, de la compuerta.

Se cuenta con 2 canaletas Parshall de ancho de garganta de 36" que permiten operar la planta con caudales de 400, 800, 1200, 1600, 2000 y 2400 l/s. Esta estructura puede servir de aforo y mezcla rápida, FIGURA N° 5.

FIGURA N° 5 CÁMARA DE AQUIETAMIENTO Y CANAL DE APROXIMACIÓN - PLANTA



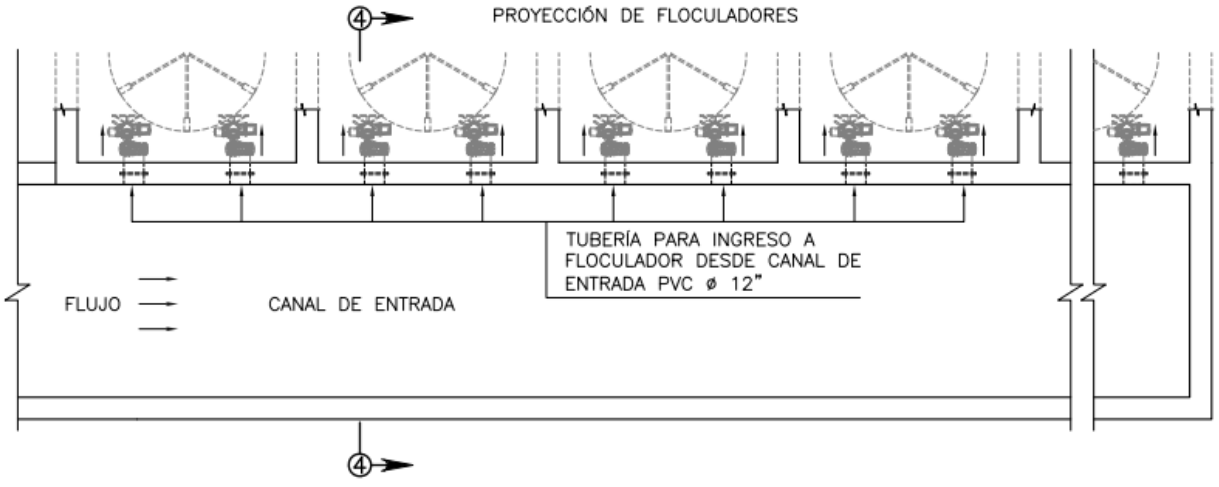
Fuente: Sanear S.A

A la salida de las canaletas Parshall se cuenta con otras dos (2) compuertas metálicas, deslizantes, de dimensiones útiles de 1,60 m x 1,0m., identificadas con los códigos 100-CH-02C y 100-CH-02D, de igual forma, con accionamiento electroactuado y manual.

1.6 CANAL DISTRIBUIDOR DE CAUDAL

A continuación de las canaletas Parshall, el agua cruda es conducida al canal distribuidor de caudal, con capacidad máxima de 2,4 m^3/s. Las dimensiones de este son 93,0 m x 3,4 m y altura 1,49 m; el borde libre es de 0,61 m en toda su extensión. Con el funcionamiento del canal distribuidor de caudal se habilita el ingreso de un caudal máximo de 0,4 m^3/s a cada uno de los 6 módulos de tratamiento.

FIGURA N° 6 CÁMARA DE REPARTICIÓN DE CAUDAL - PLANTA

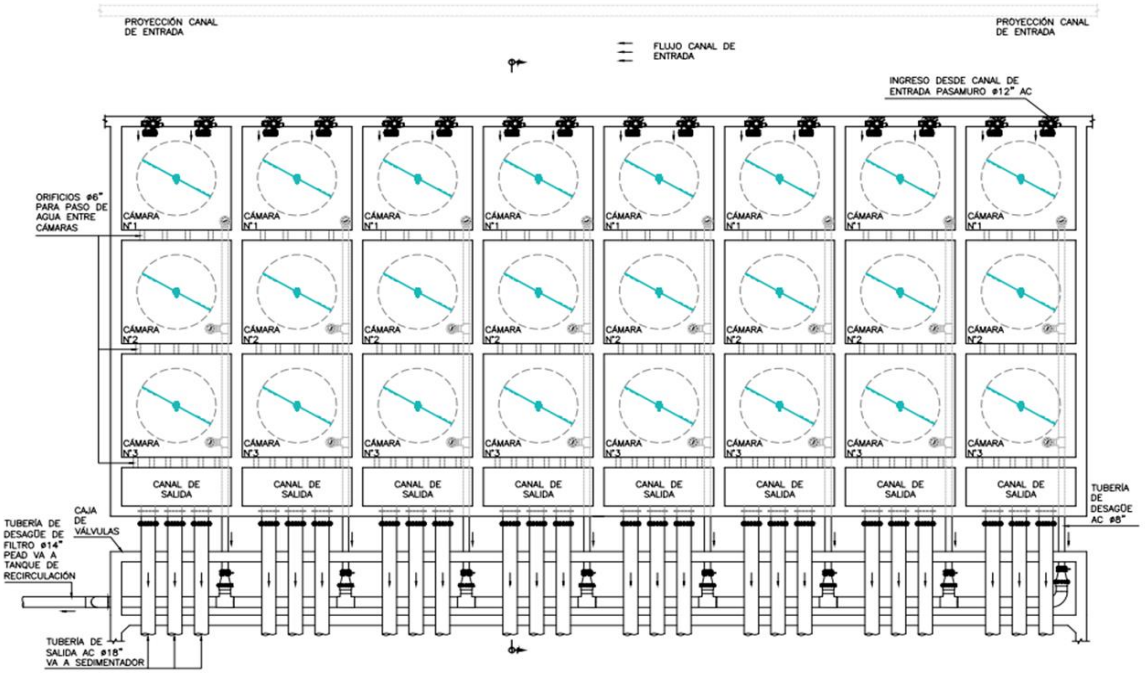


Fuente: Sanear S.A

1.7 FLOCULACION MECÁNICA

El ingreso del agua con el producto químico coagulante adicionado a los floculadores mecánicos, se realiza para cada tren de tratamiento de 100 l/s, por medio de dos (2) válvulas wafer de Ø12", FIGURA N° 7.

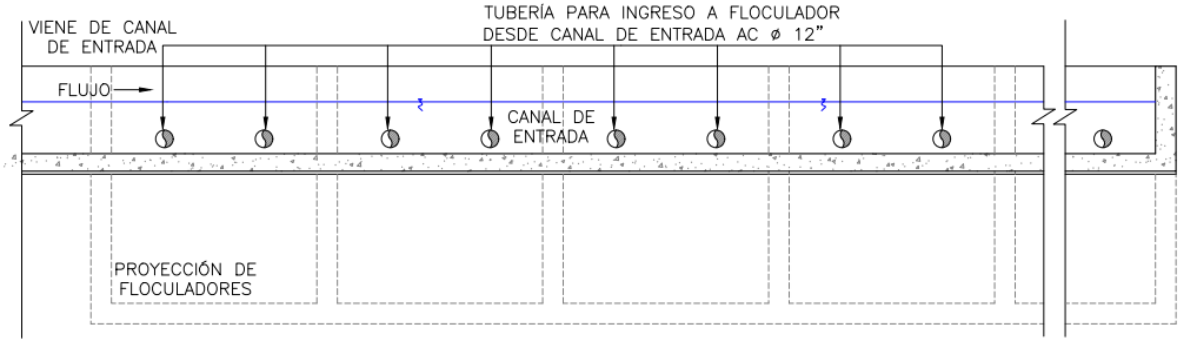
FIGURA N° 7 FLOCULADORES MECÁNICOS - PLANTA



Fuente: Sanear S.A

El canal distribuidor de caudal, de dimensiones 93,0 m por 3,0mm, dispone de 48 orificios de 12" de diámetro en su parte inferior por los cual ingresa el agua en la primera cámara de floculación de cada tren de tratamiento, de los 24 existentes.

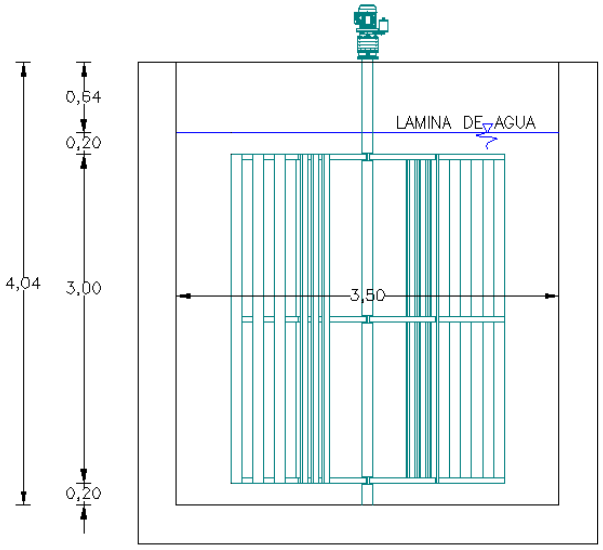
FIGURA N° 8 CANAL DE ACCESO A LOS FLOCULADORES - PERFIL



Fuente: Sanear S.A

Para accionar el grupo de las 2 paletas, se dispone de un motor eléctrico, de capacidad 1 HP, cada submódulo de floculación cuenta en su parte central con dicho motor. Los motores disponen de variadores de velocidad para ajuste del giro de las paletas, según los gradientes requeridos, FIGURA N° 9

FIGURA N° 9 SISTEMA DE PALETAS Y MOTOR EN FLOCULADORES



Fuente: Sanear S.A

La velocidad de giro de las paletas es variable, dentro de un rango de 2,63 RPM hasta 5,17 RPM, con el propósito de obtener gradientes de velocidad entre 25 y 70 seg^{-1}. El gradiente de cada cámara debe ser inferior al de la cámara precedente. La velocidad de la paleta exterior debe ser inferior a 0,5 m, para evitar el rompimiento del floc. Esto se obtiene cuando la velocidad llega a 5,17 rpm, que sería la máxima en la primera cámara de floculación.

En la siguiente TABLA N° 2 RELACIÓN DE VELOCIDADES, GRADIENTES Y POTNCIAS EN FLOCULADORES MECÁNICOSTABLA N° 2 se muestran las velocidades posibles, con los correspondientes gradientes y potencias de motor:

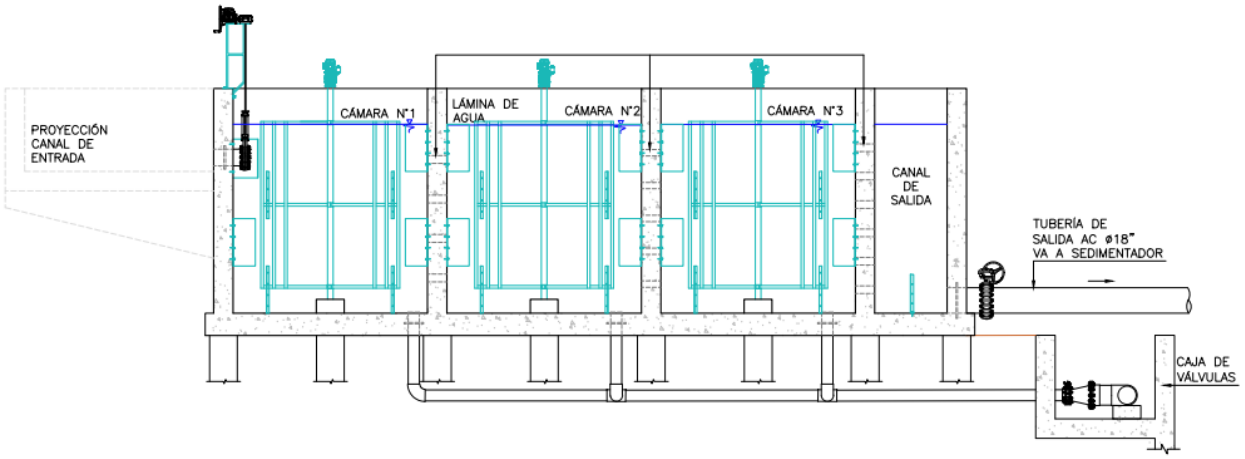
TABLA N° 2 RELACIÓN DE VELOCIDADES, GRADIENTES Y POTNCIAS EN FLOCULADORES MECÁNICOS

r.p.m	V1	P útil	Gradiente s-1	P motor HP
1	0,12566371	0,162	6,344	0,007
1,1	0,13823008	0,215	7,319	0,010
1,2	0,15079645	0,280	8,339	0,013
1,3	0,16336282	0,355	9,403	0,016
1,4	0,17592919	0,444	10,509	0,020
1,5	0,18849556	0,546	11,654	0,025
1,6	0,20106193	0,663	12,839	0,031
1,67	0,20985839	0,754	13,691	0,035
1,7	0,2136283	0,795	14,061	0,037
1,74	0,21865485	0,852	14,561	0,039
1,8	0,22619467	0,944	15,320	0,043
1,85	0,23247786	1,024	15,963	0,047
1,9	0,23876104	1,110	16,614	0,051
2	0,25132741	1,294	17,943	0,060
2,1	0,26389378	1,498	19,306	0,069
2,2	0,27646015	1,723	20,701	0,079
2,3	0,28902652	1,968	22,128	0,091
2,4	0,30159289	2,237	23,587	0,103
2,5	0,31415927	2,528	25,076	0,116
2,6	0,32672564	2,844	26,596	0,131
2,7	0,33929201	3,184	28,145	0,147
2,8	0,35185838	3,551	29,723	0,164
2,9	0,36442475	3,946	31,329	0,182
3	0,37699112	4,368	32,964	0,201
3,1	0,38955749	4,820	34,626	0,222
3,2	0,40212386	5,301	36,315	0,244
3,3	0,41469023	5,814	38,030	0,268
3,4	0,4272566	6,359	39,772	0,293
3,5	0,43982297	6,937	41,539	0,319
3,6	0,45238934	7,548	43,332	0,348
3,7	0,46495571	8,195	45,150	0,377
3,8	0,47752208	8,877	46,993	0,409
3,9	0,49008845	9,597	48,860	0,442
4	0,50265482	10,354	50,751	0,477
4,1	0,5152212	11,150	52,666	0,514
4,2	0,52778757	11,986	54,605	0,552
4,3	0,54035394	12,863	56,566	0,592
4,4	0,55292031	13,781	58,551	0,635
4,5	0,56548668	14,743	60,558	0,679
4,6	0,57805305	15,747	62,588	0,725
4,7	0,59061942	16,797	64,640	0,774
4,8	0,60318579	17,892	66,714	0,824
4,9	0,61575216	19,034	68,810	0,877
5	0,62831853	20,223	70,927	0,931
5,1	0,6408849	21,461	73,065	0,988
5,2	0,65345127	22,748	75,225	1,048
5,3	0,66601764	24,086	77,405	1,109

El paso de una cámara a la siguiente se realiza por medio de orificios sumergidos en la pared de separación entre cámaras cuyas dimensiones son: longitud 3,5 m, altura 3,4 m, para el paso de la primera cámara a la segunda se cuenta con 16 orificios de diámetro 6" distribuidos uniformemente, para el paso de la segunda cámara a la tercera cámara se cuenta con 25 orificios de diámetro 6" igualmente distribuidos uniformemente.

Después de la tercera cámara de floculación, el agua pasa al canal común de aguas floculadas de 3,50 m de longitud y 1,30 m de ancho, mediante 36 orificios de diámetro 6" sobre el muro posterior. El gradiente de velocidad es de 22,2 seg^{-1} en estos orificios de paso.

FIGURA N° 10 FLOCULADOR MECÁNICO - PERFIL



Fuente: Sanear S.A

La salida del agua floculada con destino a los sedimentadores se efectúa en cada unidad de floculación mediante tres tuberías de acero al carbón de diámetro 0,45 m, con cota clave 262,03 m.

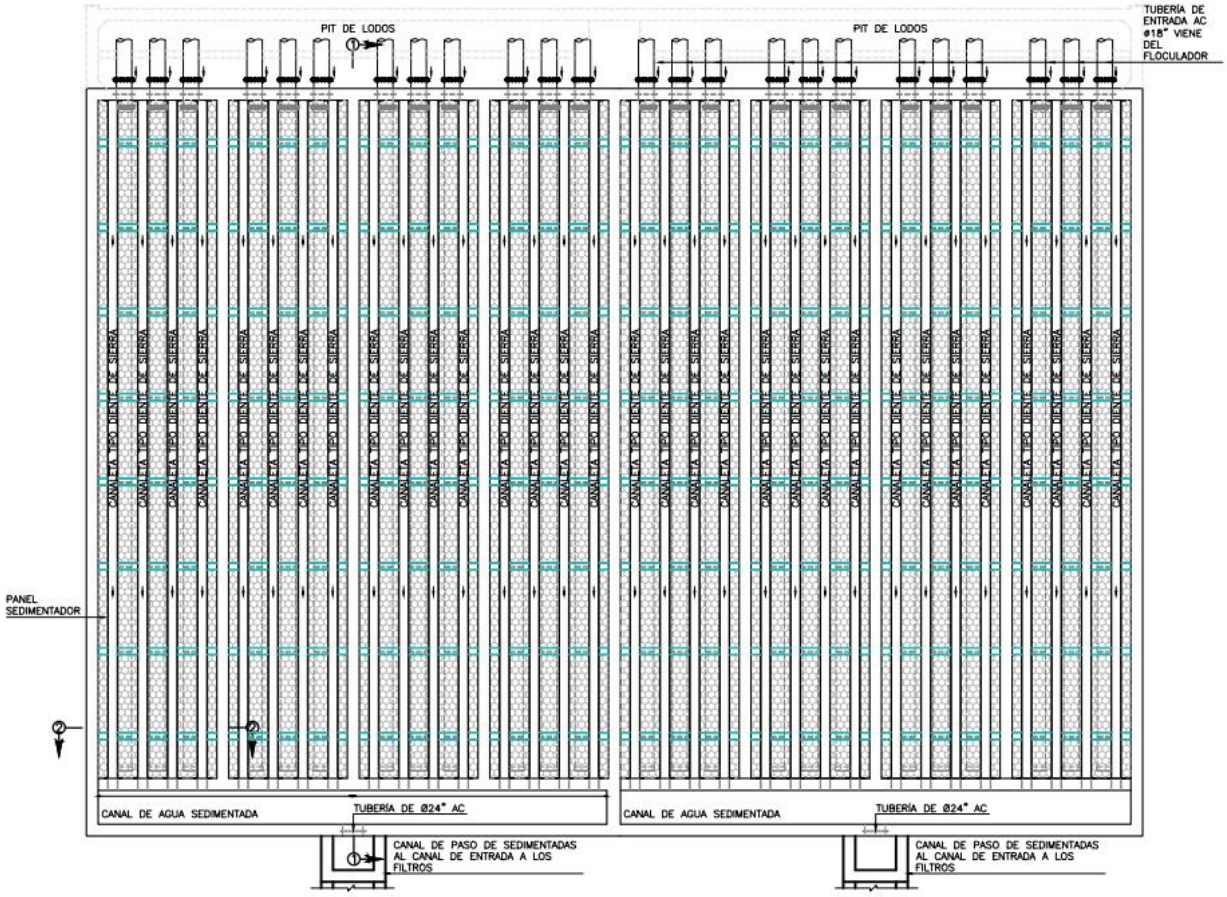
1.8 SEDIMENTACION DE ALTA TASA

De cada floculador el agua deriva para 1 sedimentador, o sea, que el módulo completo de tratamiento para 400 l/s dispone de 4 sedimentadores de alta tasa.

Cada sedimentador tiene las siguientes dimensiones: ancho 3,50 m y longitud útil de 20,00 m, más el canal general de agua sedimentada con un ancho de 1,00 m.

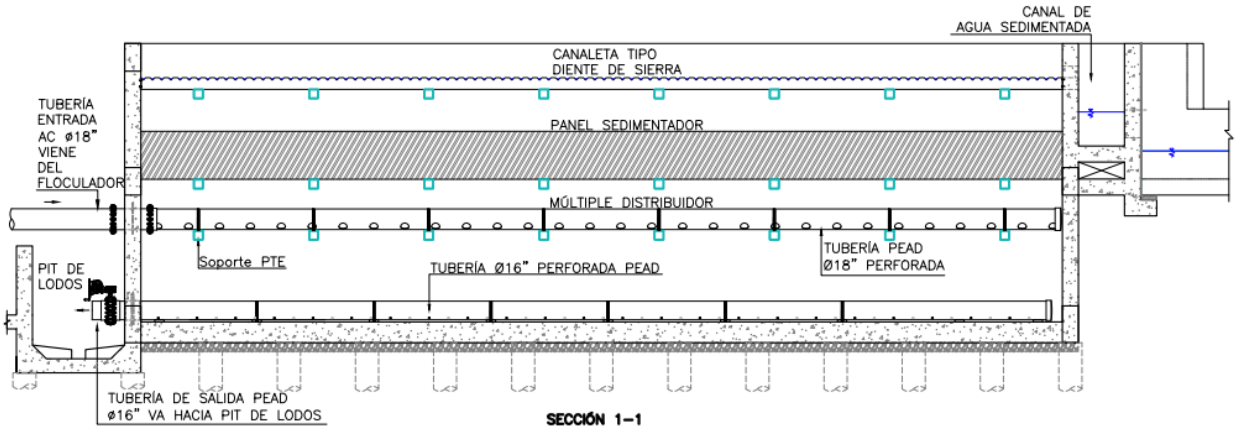
La entrada a cada sedimentador se hace a través de los 3 tubos paralelos de PEAD de diámetro 0,45m, provistos de 30 perforaciones laterales de diámetro 0,18m. Cada sedimentador se encuentra diseñado para un caudal de 100 l/s y cada tubo distribuidor para un caudal de 33,3 l/s. Estas tuberías van soportadas sobre perfiles PTE, estas tuberías se fijan a los PTE mediante abrazaderas en acero inoxidable, la cota clave de los tubos es 262,03 m.s.n.m., es decir, van colocados a 2,45 m a clave, desde la placa de fondo (cota 259,58 m.s.n.m.) y a 4,03 m en su parte inferior FIGURA N° 11 y FIGURA N° 12.

FIGURA N° 11 SEDIMENTADOR DE ALTA TASA - PLANTA

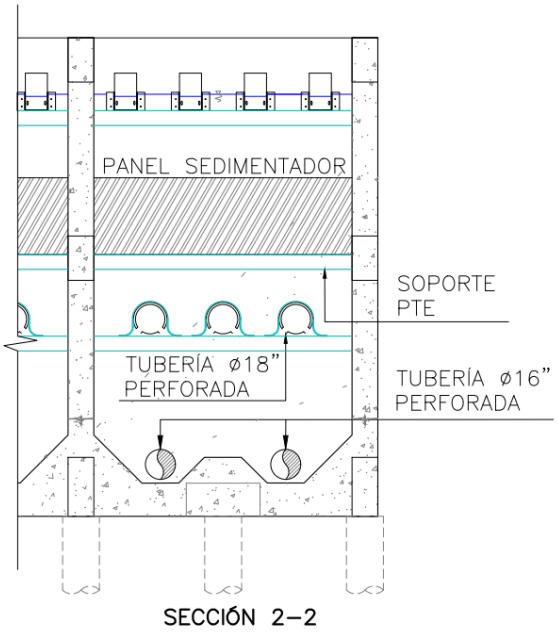


Fuente: Sanear S.A

FIGURA N° 12 SECCIONES SEDIMENTADOR DE ALTA TASA



Fuente: Sanear S.A



Fuente: Sanear S.A

1.9 FILTRACION RAPIDA DE TASA DECLINANTE

Cada módulo de la planta de tratamiento de agua potable, con capacidad de 400 l/s, consta de cuatro (4) unidades de filtración rápida, de flujo descendente, tasa declinante y autolavado.

De acuerdo con los cálculos hidráulicos realizados para el diseño de estas unidades, la tasa normal de filtración es de 280 m^3/m^2 día y durante el período de lavado se incrementa hasta 372,4 m^3m^2.día.

Las dimensiones de cada filtro son: 3,50 m de ancho por 8,8 m de longitud. El área útil de cada filtro es de 30,86 m^2.

Operación normal de filtración

El ingreso a cada filtro se controla mediante válvula guillotina tipo wafer de diámetro 10", electroactuada, esta válvula para operaciones de mantenimiento o en caso de que el actuador falle podrá ser operada manualmente.

El lecho filtrante de las unidades de filtración se compone de arena y antracita sobre un soporte de grava.

En el sistema de retrolavado se implementó el uso de difusión aire e inyección de agua, después de aplicar el aire se inicia la entrada de agua la cual es vertida sobre la canaleta de recolección de aguas de lavado para luego sr transportada por tubería de acero al carbón de 24" de diámetro, hacia el tanque de recirculación en donde nuevamente se reintegrará a al sistema en el canal de entrada. La conformación del medio filtrante se indica en la siguiente TABLA N° 3

TABLA N° 3 CONFORMACIÓN DE LECHO FILTRANTE PARA FILTRO DE Q=100L/S

	ESPESOR/ALTURA (m)	COTA SUPERIOR
ALTURA PARA EXPANSION LECHO	1.0	258.97
ANTRACITA	0.45	258.52
ARENA	0.25	258.27
GRAVA	0.40	257.87
FALSO FONDO	0.40	257.47

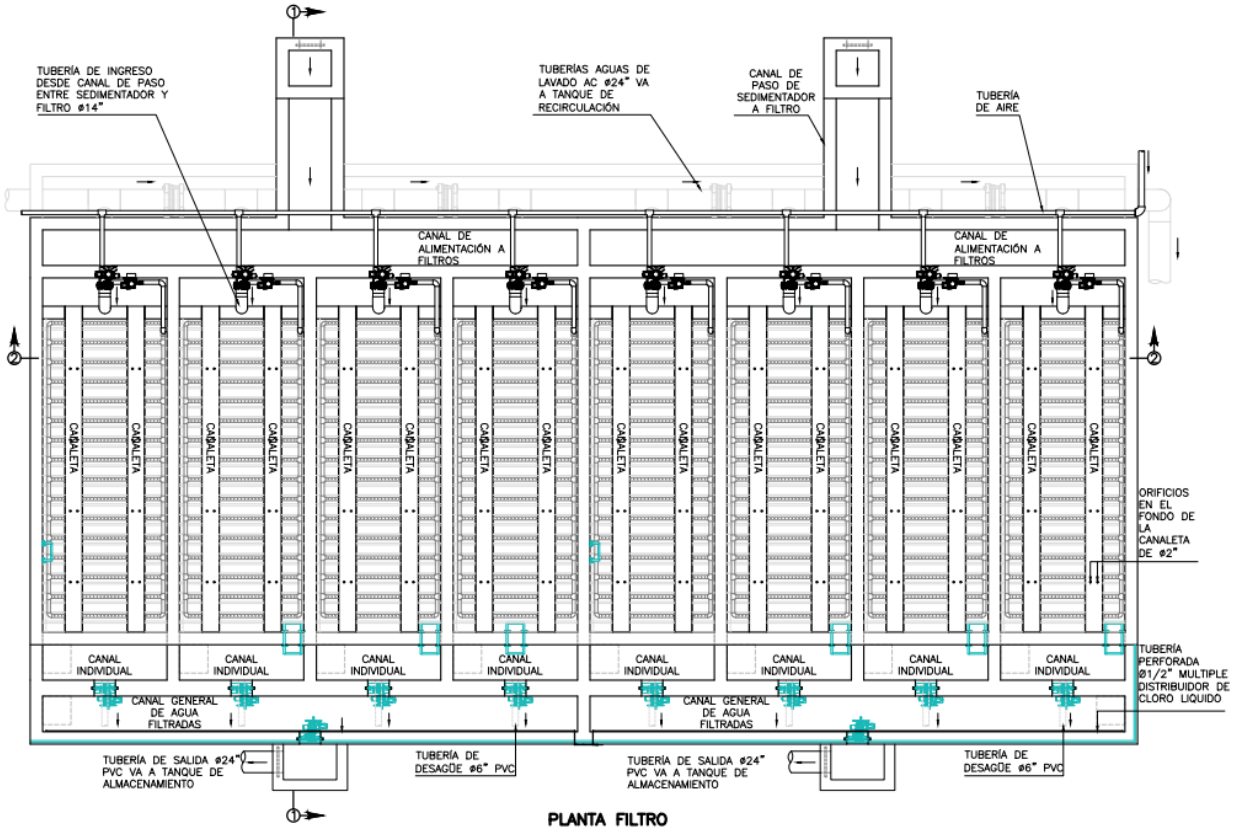
Durante la operación normal de filtración, con flujo descendente, el agua atraviesa el lecho filtrante de antracita y arena, la capa soporte de grava y el falso fondo y después, mediante la cámara bajo el falso fondo de dimensiones 3,35m x 0,40m pasa al canal común de aguas filtradas de dimensiones útiles de 1,00mx3,5mx4,68m, de este canal pasa al canal general de aguas filtradas de 1,00mx15,05mx2,53m mediante un vertedero rectangular de 0,60mx0,45mx1,93m y lámina de agua de 0,51m, donde se reúnen las aguas de los 4 filtros.

En el canal general de aguas filtradas se adelanta la aplicación del hipoclorito de sodio para desinfección ya que el retrolavado de los filtros debe realizarse siempre con agua clorada, luego desde este canal por medio de un vertedero general de dimensiones 0,60mx0,45mx1,33m y lámina de agua de 0,51m, se derivan a la cámara de recepción de agua filtrada de dimensiones

1,00mx1,50x1,60m ubicada en el centro de cada módulo para luego, a través de una tubería en PEAD de 630mm de diámetro, las aguas tratadas en el primer módulo de 400 l/s serán conducida hacia los tanques de almacenamiento del Sector Curval 1 y 2, los 2000 l/s restantes de los otros módulos, se envían al tanque de Paso, desde el cual el agua potable es conducida a la ciudad de Santa Marta, FIGURA N° 13, FIGURA N° 14 y FIGURA N° 15.

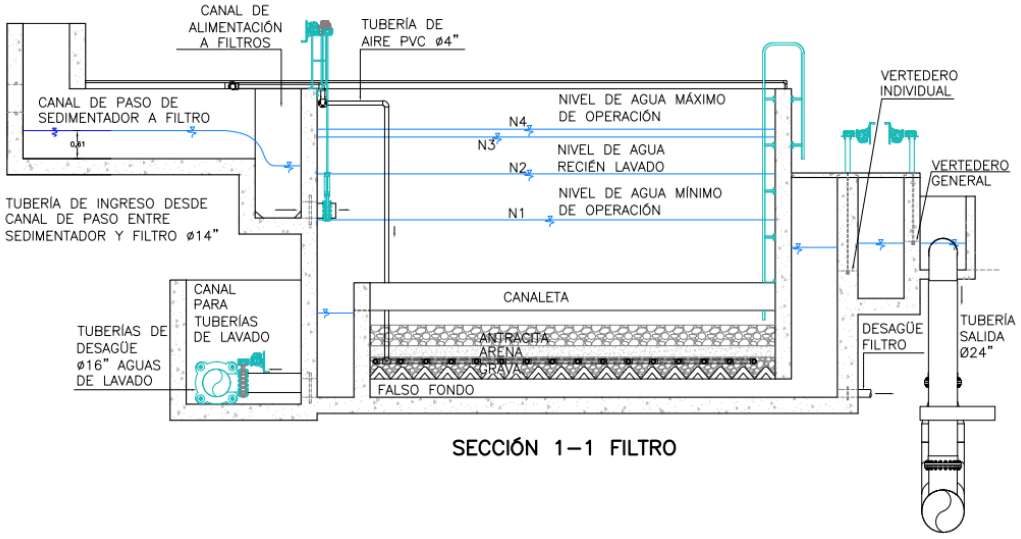
Cada unidad de filtración consta de una tubería de desagüe con una válvula mariposa de acción manual en caso de mantenimiento, la cual consta de un niple pasamuros de Ø6" que se une a un manifol en PVC-P de igual diámetro para colectar las aguas de todos los filtros y transportarla hacia el tanque de recirculación.

FIGURA N° 13 FILTROS RÁPIDOS - PLANTA



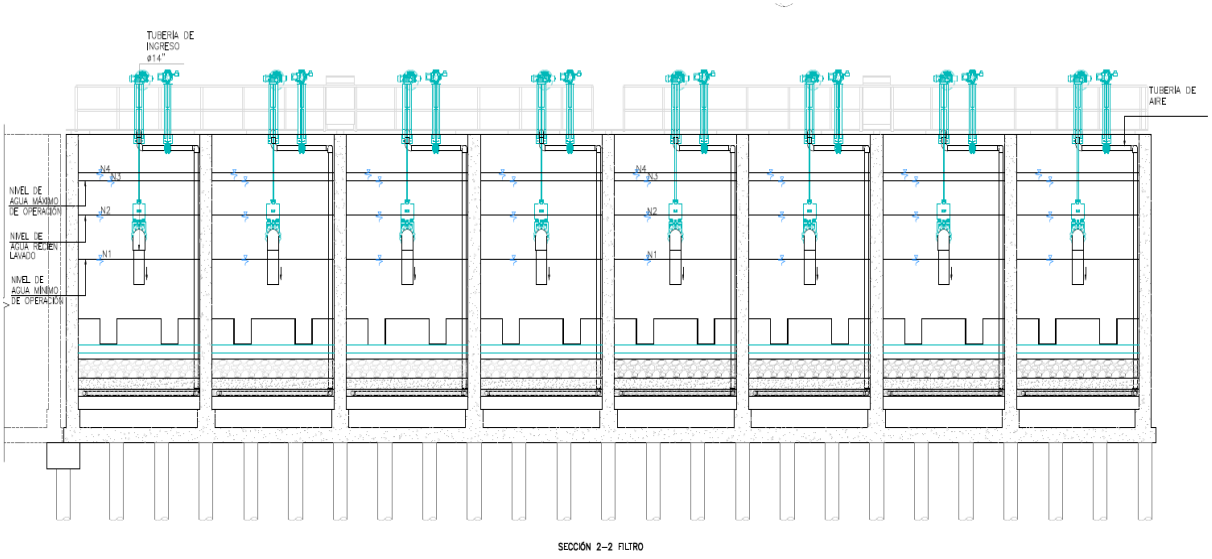
Fuente: Sanear S.A

FIGURA N° 14 FILTROS RÁPIDOS – CORTE LONGITUDINAL



Fuente: Sanear S.A

FIGURA N° 15 FILTROS RÁPIDOS – CORTE TRANSVERSAL



Fuente: Sanear S.A

1.10 DESINFECCION Y TANQUE DE CONTACTO DE CLORO

El sistema de potabilización del agua en la planta, se encuentra dividido en 3 módulos de 800L/s, los cuales a su vez se dividen en 2 módulos de 400l/s, es por esto, que, en la zona de salida del agua tratada de los filtros, se encuentran 6 cámaras de recepción de agua filtrada, de las cuales le agua es transportada hacia los tanques de almacenamiento del Sector Curval y el tanque de paso de la siguiente manera:

En el primer módulo de filtración de 800 l/s, una de las salidas transporta 400l/s de agua tratada hacia los tanques de almacenamiento Sector Curval, el transporte del agua tratada se realiza por medio de una tubería en PEAD de 630mm de diámetro, antes de llegar a los tanques de almacenamiento el agua se divide en dos ramales del mismo diámetro los cuales alimentaran los dos tanques con un volumen útil de 242,4 m^3.

El agua restante tratada el cual se recoge en las 5 cámaras de recepción de aguas filtradas restantes, es envía hacia el tanque de Paso, este tanque tiene un volumen útil de 616m^3, el agua sale de la caja generar de agua filtrada en tubería de PEAD de 630mm de diámetro, para luego cambiar de material de GRP en diámetro de 900mm hasta su ingreso al tanque de paso.

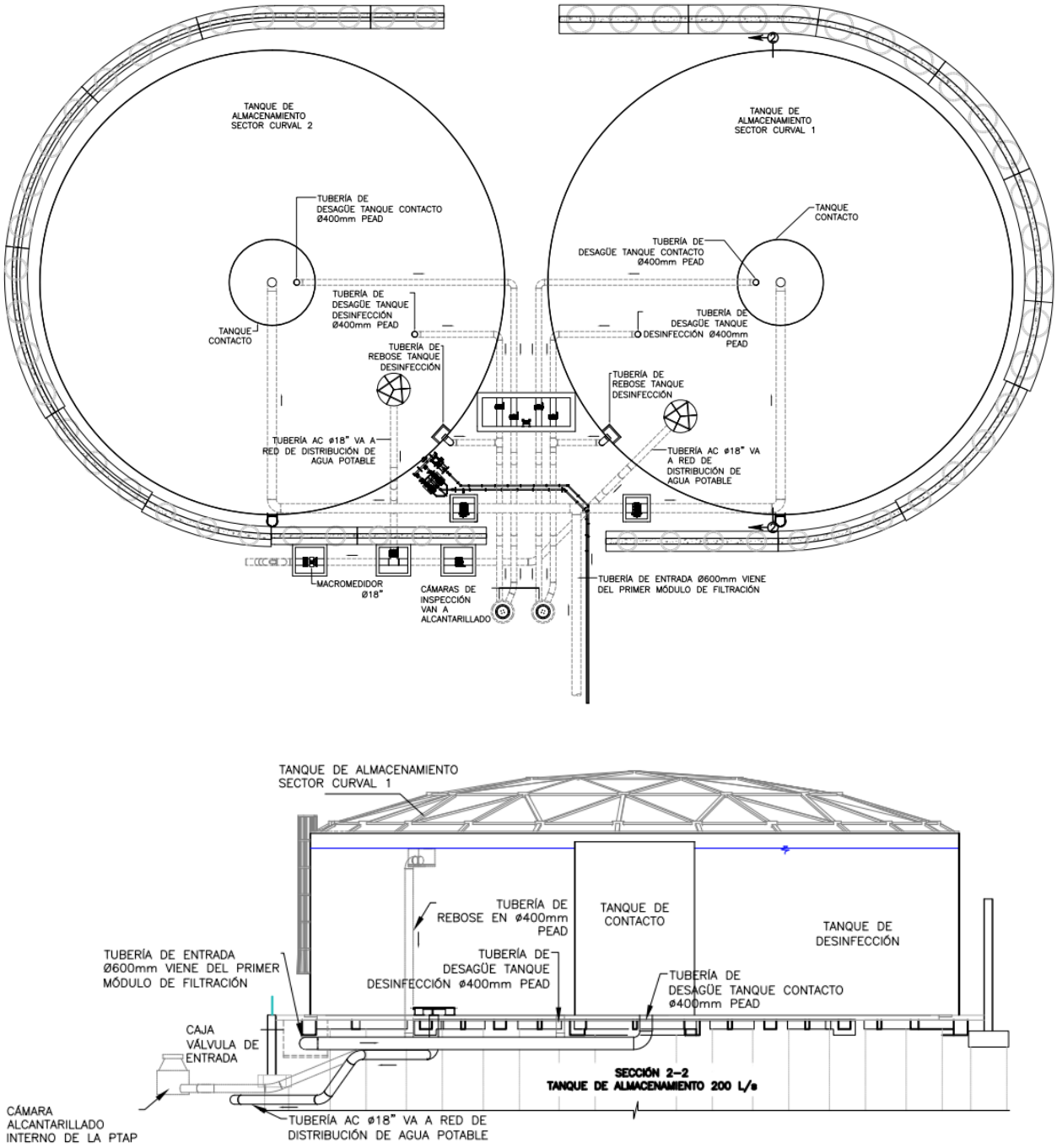
Los 2 tanques de almacenamiento para el circuito El Curval son circulares en vidrio fusionado al acero con dimensiones de diámetro 32,4m y altura de 8,66m y lámina de agua de 8,33m. En el interior de cada tanque existe un tanque de contacto de cloro para un tiempo de tención de 20min, las dimensiones de cada tanque de contacto de cloro son: diámetro: 5,97m, altura 8,65 m. En esta estructura, se hace circular el agua en forma ascendente para garantizar el tiempo de contacto y por la parte superior vierte el agua al tanque externo de distribución.

La dosis óptima de cloro determinada mediante pruebas de laboratorio es de 2,1 mg/litro, con un tiempo de detención de 20 minutos, determinado a partir de la Tabla RAS C.8.2.A para pH de 7,0 y temperatura de 23º C.

Para el paso del tanque de contacto de cloro al tanque de almacenamiento circuito El Curval se cuenta con un vertedero circular de 5,97 m de longitud, que para un caudal de 400 l/s alcanzará una lámina de agua de 0,05 m sobre la cresta del vertedero.

De cada uno de los tanques de almacenamiento circuito el Curval sale una tubería de acero de diámetro 450mm que se unen y alimentan la red de distribución del circuito El Curval, FIGURA N° 16.

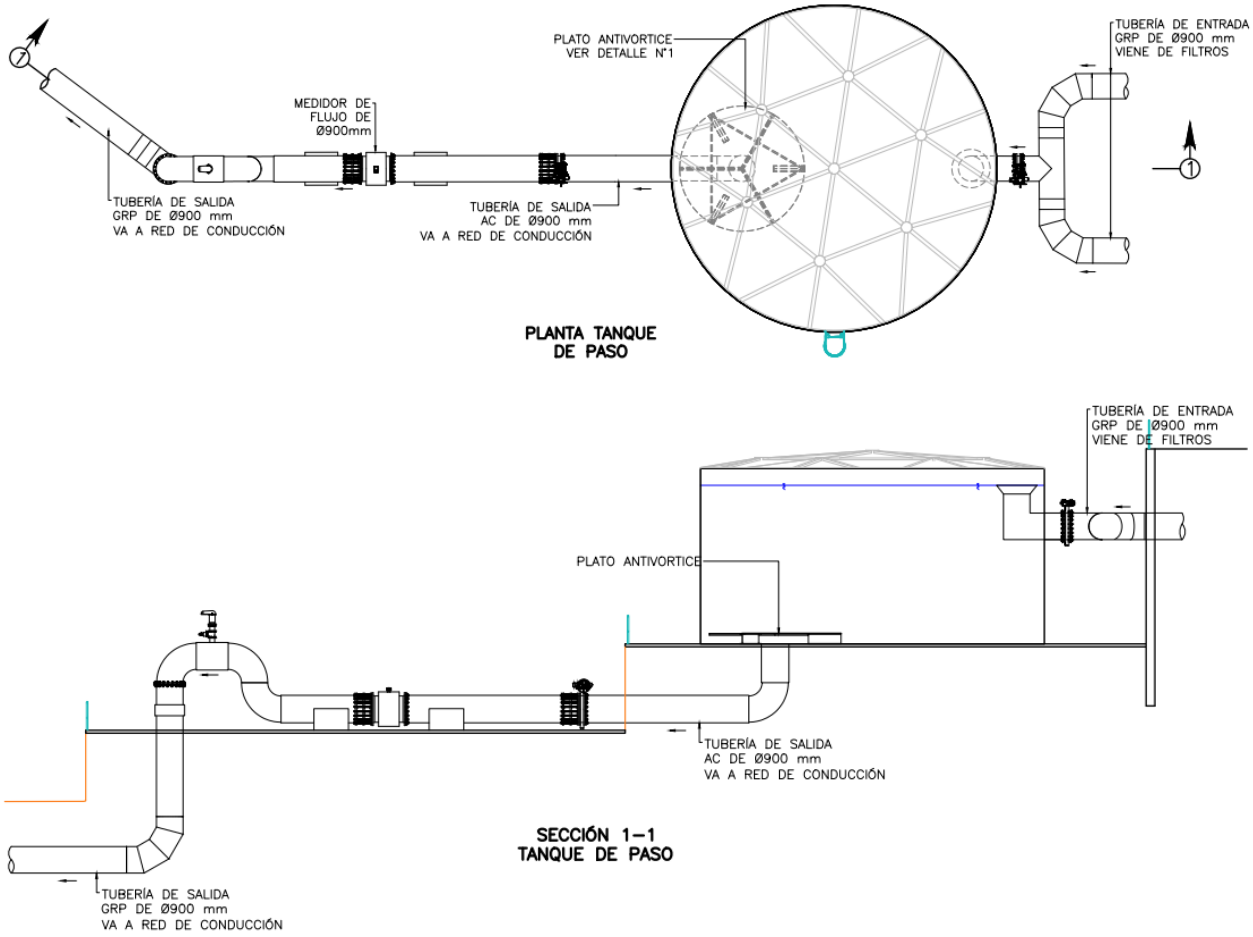
FIGURA N° 16 TANQUES DE CONTACTO DE CLORO Y ALMACENAMIENTO SECTOR CURVAL – PLANTA Y PERFIL



Fuente: Sanear S.A

El sistema de entrada al tanque de paso es una tubería de GRP de Ø900mm proveniente de los filtros, exceptuando el primer módulo de filtración de 400L/s, desde el cual, se transportará el agua potable hacia los tanques de almacenamiento de Sector Curval. La salida a la conducción desde el tanque de Paso hacia la interconexión a la red a la salida de la PTAP Mamatoco, ubicados en la ciudad de Santa Marta, es en acero al carbón con diámetro de 900mmhasta después de macromedidor ubicados a la salida, después de este la tubería cambia a GRP en 900 mm de diámetro, FIGURA N° 17.

FIGURA N° 17 VISTA EN PLANTA Y SECCIÓN DEL TANQUE DE PASO



Fuente: Sanear S.A

1.11 SISTEMA TRATAMIENTO DE LODOS

El sistema de manejo de lodos existente en la PTAP El Curval, consta de tres (3) unidades de PIT de lodos, que recibirán las purgas de los módulos de sedimentación, tres (3) tanques espesadores que recibirán un caudal de alimentación mediante bombeo proveniente de los PIT,

tres (3) tanques acondicionadores de lodos y un (1) sistema de deshidratación mecánico compuesto por dos filtros prensa.

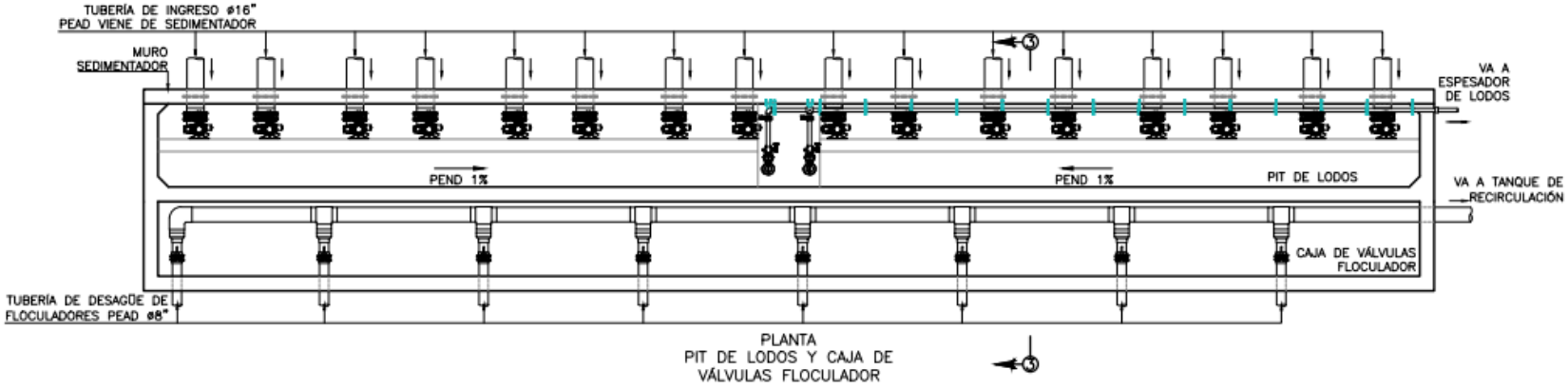
1.11.1 PIT de lodos

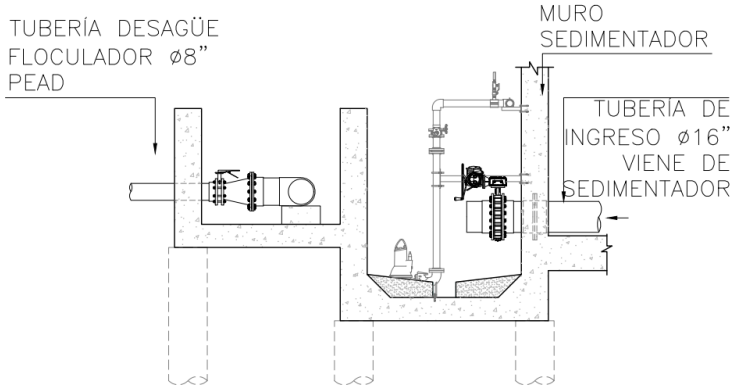
Para el manejo de lodos generados en el proceso de sedimentación, se cuenta con un tanque de recolección y almacenamiento transitorio de lodos llamado PIT de lodos, el cual será una estructura en común con cada módulo de 800 L/s de sedimentación.

En total se cuenta con (3) tres PIT de lodos de geometría rectangular, que recibirán las purgas de tres (3) módulos de sedimentación de capacidad de 800L/s.

Cada PIT de lodos tiene dimensiones útiles de 30,45m de largo x 2,00m de ancho y altura útil de 0,55m, para un volumen de 33,50m³, el lodo almacenado en cada unidad será extraído por medio de bombas sumergibles de 1,2 kW de potencia, ubicadas en el centro de la estructura como se observa en la vista en planta FIGURA N° 18, estos son bombeados hacia los tanques espesadores de lodos ubicados en la parte inferior del lote de la planta, por medio de una tubería en PEAD de 90mm de diámetro, antes de su llegada a los espesadores esta se divide en 3 una para cada tanque y cuentan con válvulas mariposa de Ø3" electroactuadas, con posibilidad de manejo manual ante una eventual falla del actuador.

FIGURA N° 18 VISTA EN PLANTA Y SECCIÓN PIT DE LODOS





PIT DE LODOS Y CAJA DE VÁLVULAS FLOCULADOR

Fuente: Sanear S.A

1.11.2 Espesador de lodos

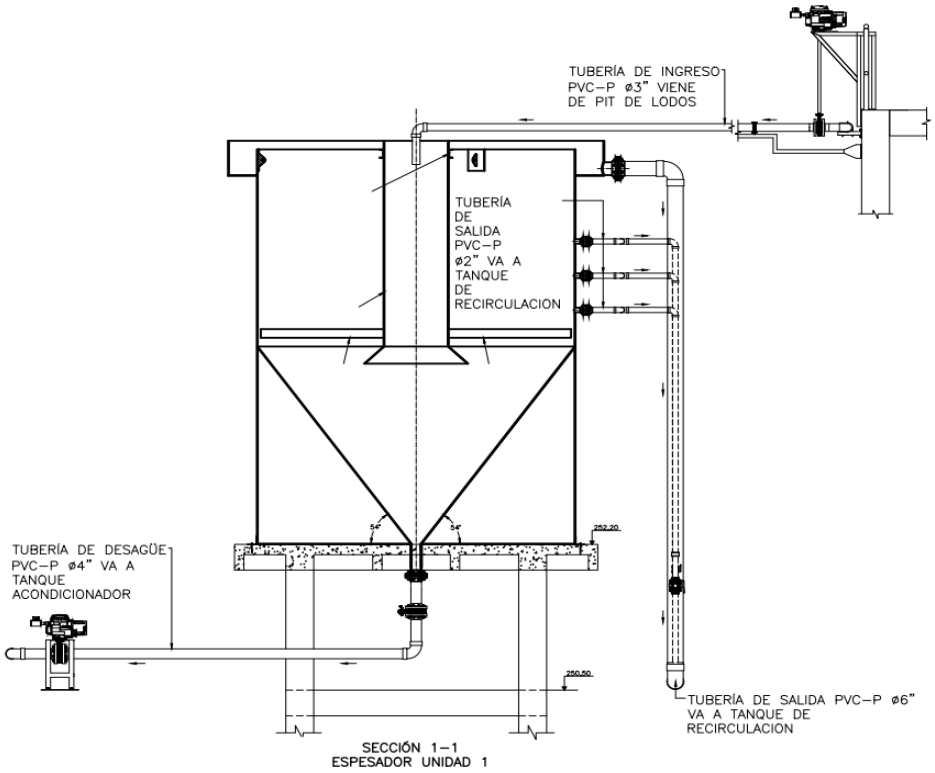
Para la totalidad del proyecto se cuenta con tres espesadores de lodos de fondo cónico con capacidad para 28 m³ cada uno, estos operarán en paralelo, en la primera etapa se construirán dos de ellos, pero se deja diseñada la tercera unidad para una etapa posterior.

Los lodos ingresan por la parte superior impulsados desde el tanque PIT por medio de bombas sumergibles, allí los lodos sufren un espesamiento por sedimentación en la parte cónica del tanque y el clarificado rebosa por la parte superior de los espesadores y es recogido en un vertedero perimetral y llevado por gravedad hacia el tanque de recirculación por medio de una tubería de diámetro de 6".

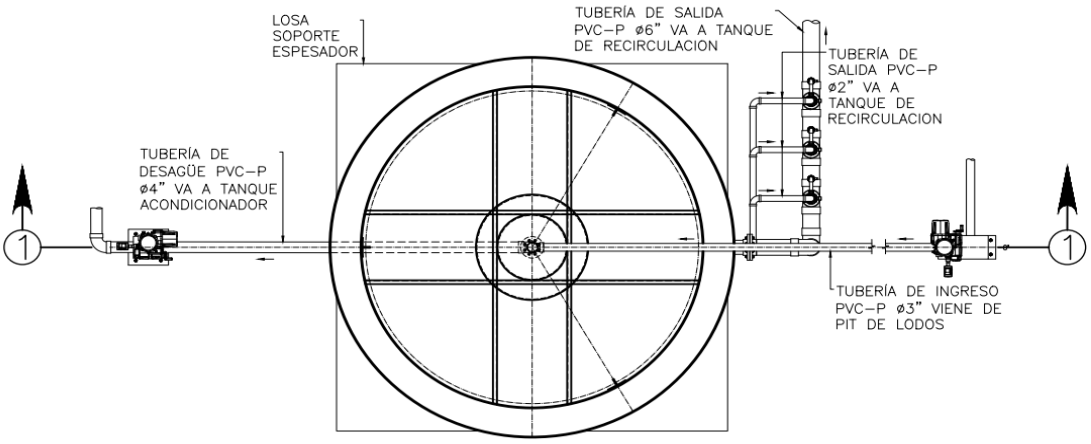
Los lodos que se encuentran en los espesadores, sufrirán un proceso de espesamiento que se garantizará con el tiempo de residencia en los tanques, finalmente el lodo se conducirá por gravedad hacia los tanques acondicionadores por medio de una tubería de 4", para posteriormente pasar al proceso de filtro prensado.

El tanque espesador es circular con dimensiones útiles de 3,00m de diámetro, de altura cónica de 2,30m y 2,30m de altura cilíndrica, con 0,10m de borde libre, para un volumen total de 27,84m³, con un vertedero perimetral para la recolección de las aguas clarificadas las cuales son enviadas al tanque de recirculación. En la FIGURA N° 19, se muestra el esquema del espesador de lodos.

FIGURA N° 19 VISTA EN PLANTA Y SECCIÓN ESPESADOR DE LODOS



SECCIÓN 1–1
ESPESADOR UNIDAD 1



VISTA EN PLANTA ESPESADOR UNIDAD 1

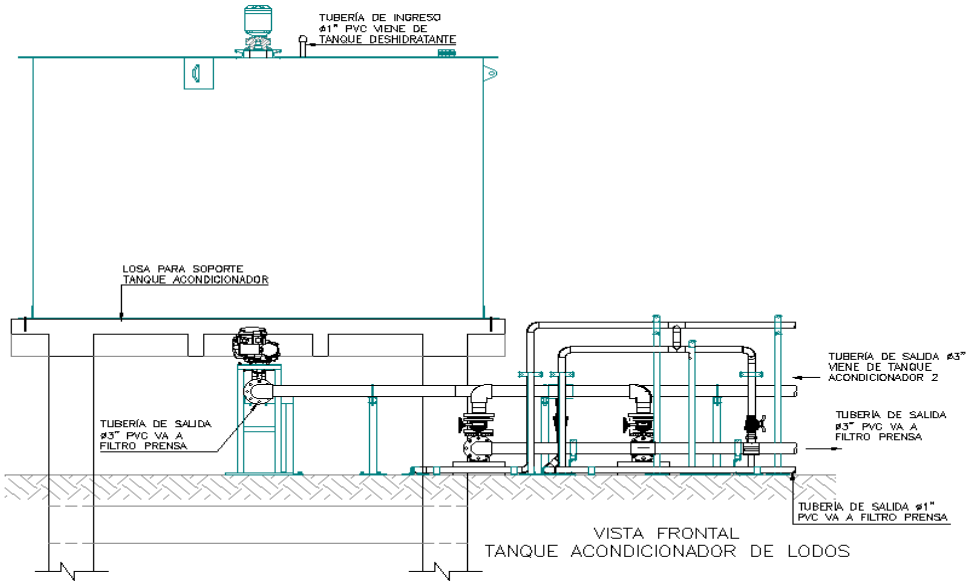
Fuente: Sanear S.A

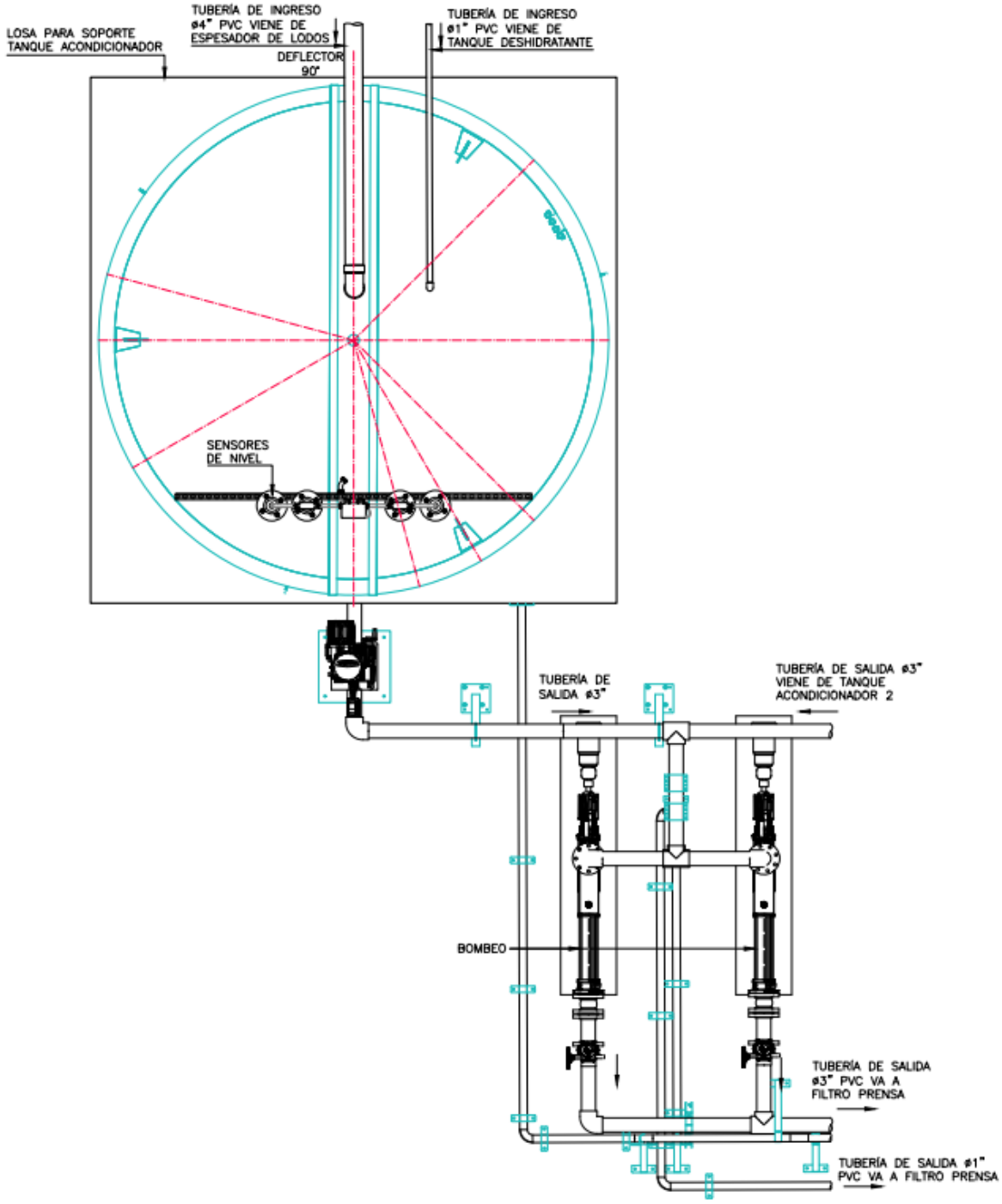
1.11.3 Tanque acondicionador de lodos

Para el proyecto se contará con tres tanques de acondicionamiento de lodos, en la primera etapa se cuenta con dos de ellos, pero se deja diseñada la tercera unidad para etapas posteriores.

El tanque de acondicionamiento recibe los lodos provenientes de los tanques espesadores para posteriormente, conducirlos hacia el filtro prensa, este tanque será instalado en fibra de vidrio y tendrá un diámetro interno de 3 metros, y una altura útil de 1,70 m para un volumen útil de 12,02 m³, la salida será en diámetro de 3", estará dotado de un agitador que debe permanecer encendido para garantizar la homogeneidad del lodo en todo momento, en la FIGURA N° 20**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** , se muestra el tanque de acondicionamiento.

FIGURA N° 20 VISTA EN PLANTA Y SECCIÓN ACONDICIONADOR DE LODOS





Fuente: Sanear S.A

1.11.4 Filtro Prensa

El sistema de filtro-prensado consiste en tratar los lodos provenientes del tanque de acondicionamiento deshidratándolos hasta formar placas o tortas de modo que su disposición final sea más fácil y práctica.

El filtro-prensa está compuesto por 30 placas de polipropileno formato 800 x 800 x 60 mm, en el cual se produce una separación de los sólidos suspendidos contenidos en el lodo, formando tortas en el interior de las placas y un clarificado que es retornado al tanque de recirculación, formando así un ciclo cerrado.

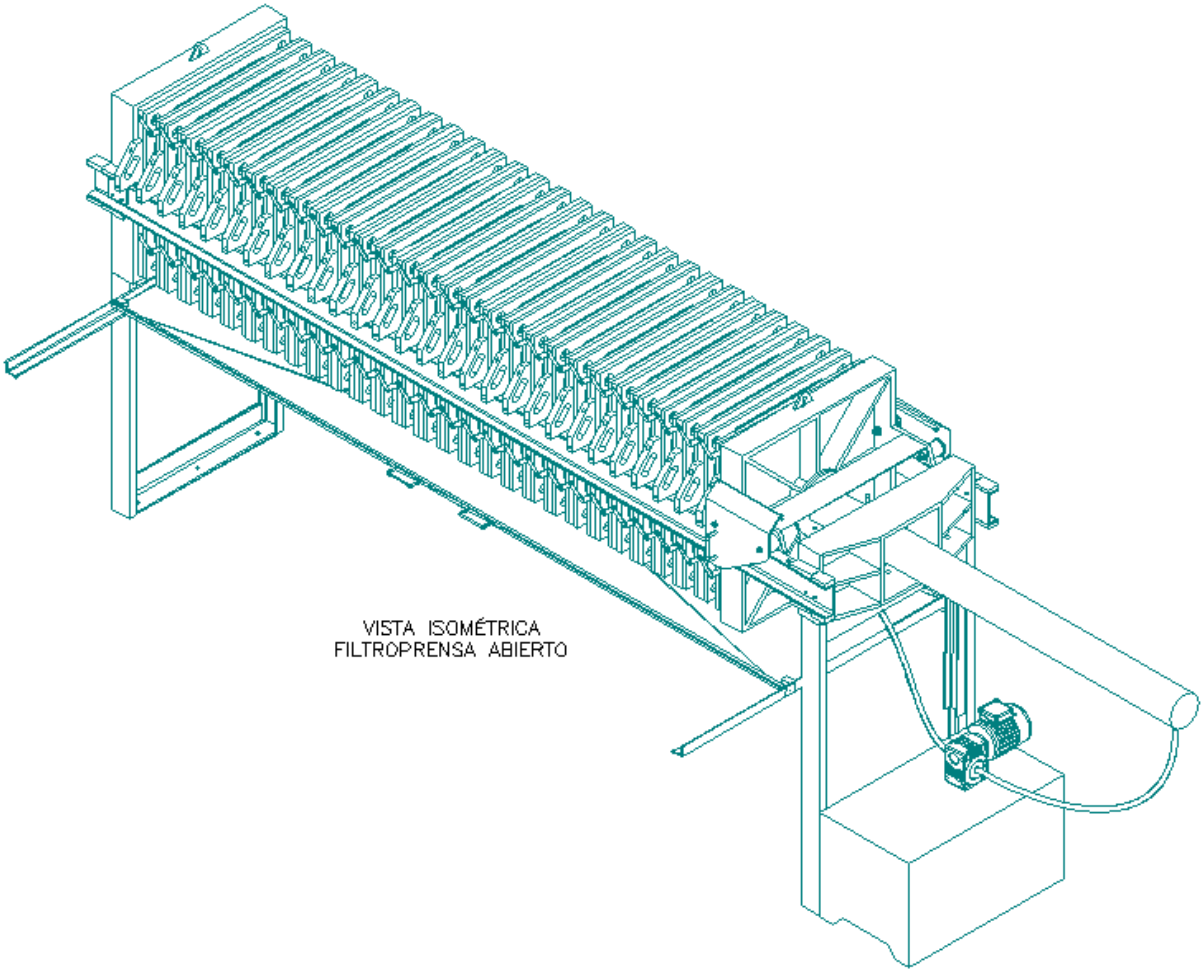
La operación de filtro-prensado es un proceso discontinuo por ciclos de operación que se compone de varias etapas, iniciando con una etapa de llenado, en el cual las cámaras del filtro-prensa ocupan su volumen con el lodo acondicionado por medio de una bombas de tornillo, inmediatamente inicia el ciclo de filtración, con la separación de los sólidos suspendidos de la corriente de lodos, los cuales son atrapados por las cámaras del filtro prensa formando las tortas sólidas a causa de un aumento de presión que alcanza aproximadamente 116 PSI momento en el que finaliza el ciclo de filtración y se envía una señal por medio de un presóstato, hacia el motor de las bombas para suspender la alimentación de lodos, indicando así que el filtro prensa puede pasar a su siguiente etapa.

Inicia entonces el ciclo de escurrido con aire, con el fin de eliminar al máximo el contenido de líquido en las tortas, lo cual se traduce en "humedad", o contenido de agua en el producto. Al finalizar esta operación se obtiene un porcentaje de humedad en las tortas comprendido entre 65- 70% en peso o un 30 – 35% en peso de secos. El tiempo aproximado de escurrido está entre 20 – 40 minutos

Finalmente, de forma automática se abre el filtro prensa y se van corriendo las placas para evacuar las tortas una a una en un carro dispuesto para esto; luego se inicia un nuevo ciclo desde el PLC del filtro-prensa.

Está proyectado un filtro-prensa para la etapa inicial del proyecto y una segunda unidad para la segunda etapa, ambas con las mismas características, en la FIGURA N° 21**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra el esquema del filtro prensa en diseñado.

FIGURA N° 21 ESQUEMA FILTRO PRENSA



Fuente: Sanear S.A

1.12 DISEÑO HIDRAULICO TANQUE DE RECIRCULACIÓN

Para el diseño hidráulico del tanque se toma como base la condición más critica que se presenta durante el lavado de los filtros por lo cual se evalúa este proceso para asegurar que la capacidad del tanque es suficiente para contener el agua producida, como se puede observar en la FIGURA N° 22 . para cuando la planta esté operando para 400L/s la capacidad máxima ocupada del tanque es de 480m3.

Se debe considerar que cuando la planta opere a máxima capacidad (2400 L/s), se deben llevar a cabo los ciclos de lavado garantizando que todos los filtros no se laven al mismo tiempo, por lo cual el volumen calculado para el tanque debe asegurar por lo menos el lavado de 1 módulo de 400 L/s. El detalle de la operación de los filtros, tiempos y ciclos de lavado se detallará más adelante.

A continuación, se describe el balance realizado con el cual se pudo determinar la ocupación del tanque según el lavado de filtros.

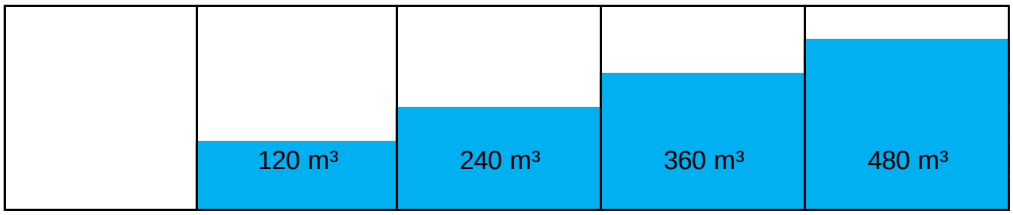
1.12.1 Retrolavado de batería de filtros de 100l/s cada una

- ✓ 1 batería de 4 filtros de 100 L/s cada uno
- ✓ Tipo de filtros: Autolavantes
- ✓ Tipo de lecho: Dual Arena – Antracita
- ✓ Altura de lecho: Altura total 0.70 m (Antracita: 0.45m, Arena: 0.25m)
- ✓ Área unitaria de filtros: 30.86 m^2
- ✓ Tasa de filtración: 280 $m^3/m^2/d$
- ✓ Tasa de retrolavado: 0.778 m/min
- ✓ % Agua de lavado: 10 % para 400 L/s
- ✓ Tiempo de retrolavado: 5 min
- ✓ Volumen de agua de retrolavado por filtro de 100 L/s: 120 m^3
- ✓ Jornadas de filtración: 48 – 72 h
- ✓ % Agua Recirculada: Máximo el 10% del caudal tratado en planta
- ✓ Concentración de sólidos en agua de retrolavado: 500 ppm
- ✓ Volumen del tanque de almacenamiento de agua de retrolavado: 542m^3
- ✓ Cantidad de sólidos estimada en agua de retrolavado: 20 – 30 Kg SS/d

Para determinar el tiempo que tarda el lavado de los 4 filtros se realiza el esquema de la FIGURA N° 22. Éste se determinó empleando el criterio sugerido por TEN STANDARD de USA.

- ✓ Tiempo de retrolavado: 5 min
- ✓ Volumen retrolavado: 120 m^3
- ✓ Tiempo para lavar los 4 filtros: 20 minutos
- ✓ Se considera que si en un día se lavan cuatro filtros se tendrá un volumen acumulado de 480 m3.

FIGURA N° 22 NIVEL DEL TANQUE DE RECIRCULACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO DE UNA BATERÍA DE 400L/S



t etapa (min)	0	5	5	5	5
t acum (min)	0	5	10	15	20
V en tanque (m^3)	0	120	240	360	480
		Lavado Filtro 1	**Lavado Filtro 2**	**Lavado Filtro 3**	**Lavado Filtro 4**

Recommended Standard for Water Works, 2012 Edition, Item 9.6

- Adicionalmente el tanque recibirá 20,61 m^3 de agua del clarificado de espesadores y 1,28m^3 de agua, provenientes del escurrido del filtro prensa.

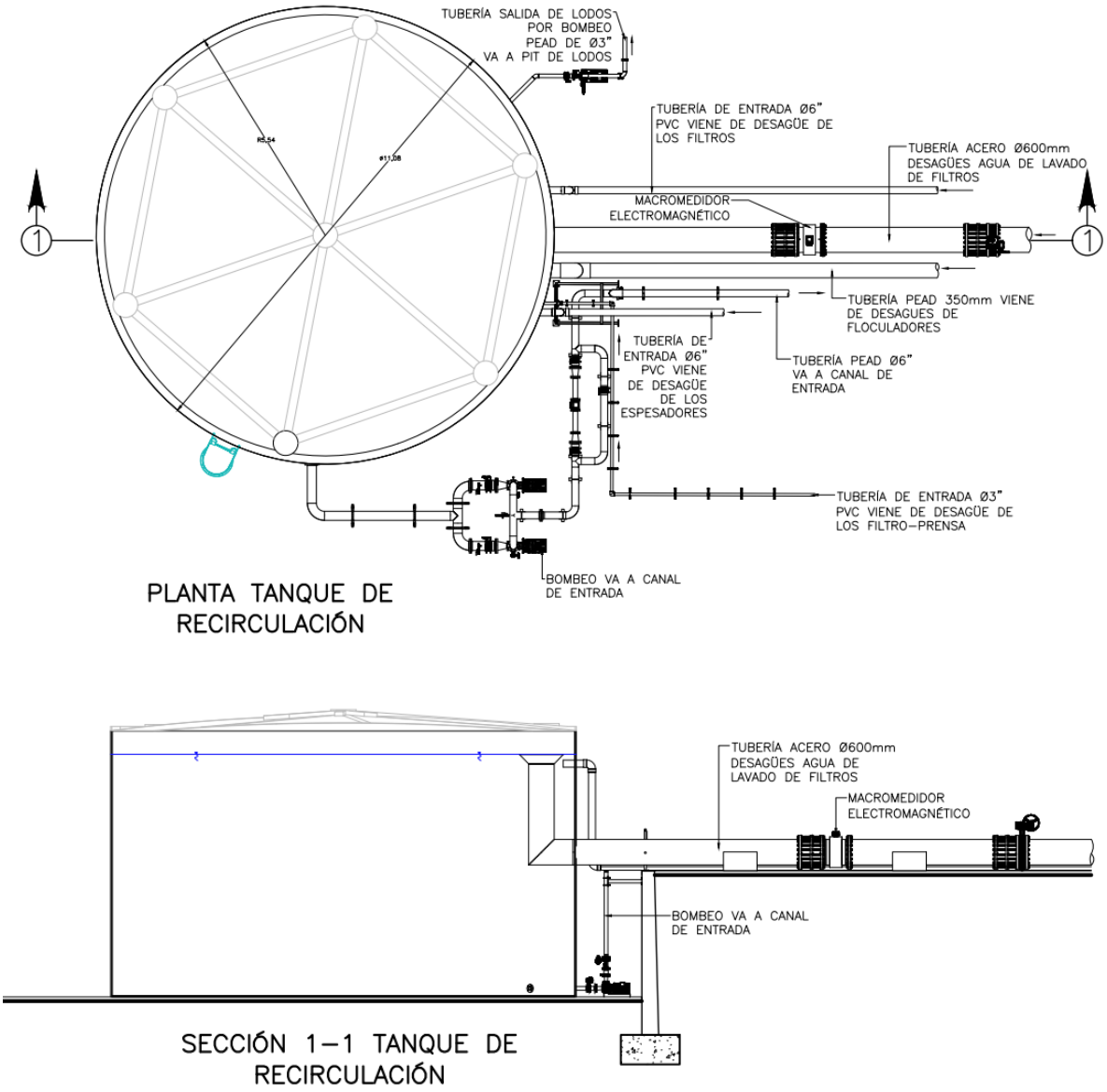
$$Vt = 480m^3 + 20{,}61m^3 + 1{,}28m^3 = 501{,}89\, m^3$$

Para garantizar la flexibilidad del tanque ante la posible descarga simultanea de agua de retrolavado, clarificado de espesadores, escurrido de filtro prensa y desagües del lavado de floculadores, se dimensionó un tanque con las siguientes dimensiones:

Diámetro	Ø=	11,08	m
Área superficial del tanque	A=	96,42m²	
Altura útil asumida	h=	5,61	m
Volumen útil del tanque	V=	542	m³
* Borde libre	B =	0,69	m
Volumen total del tanque	V_{total}=	608	m³

En la FIGURA N° 23,se presenta el esquema del tanque de recirculación.

FIGURA N° 23 VISTA EN PLANTA Y SECCIÓN TANQUE DE RECIRCULACIÓN



Fuente: Sanear S.A

2. OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

En este capítulo se analiza la operación normal de la planta y las diversas situaciones que se pueden presentar, originadas por cambios en la calidad y cantidad de las fuentes de abastecimiento.

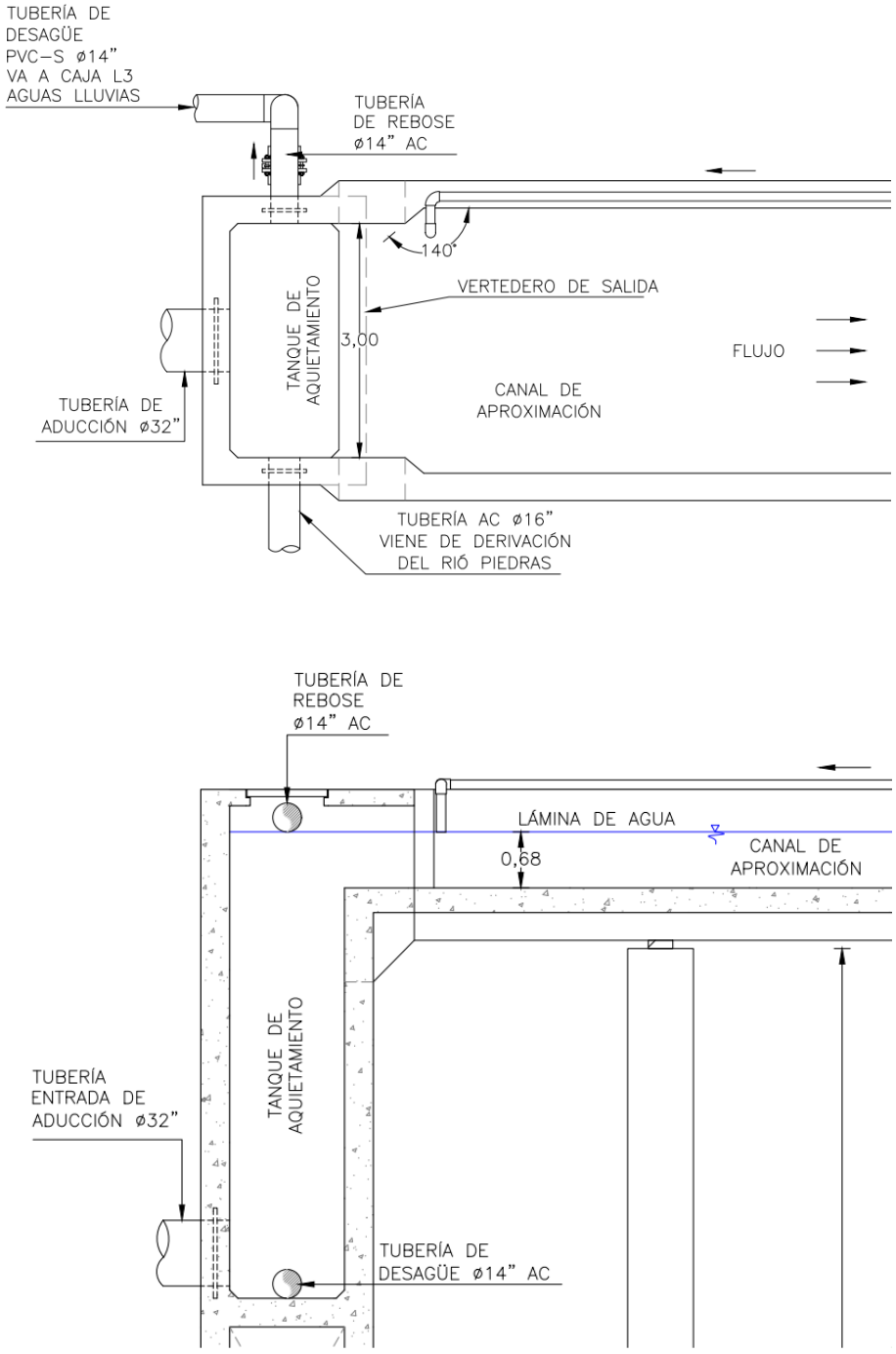
2.1 OPCIONES DE OPERACIÓN Y CONTROL EN LA CAMARA DE AQUIETAMIENTO Y DE DISTRIBUCION DE CAUDALES

La cámara de aquietamiento está diseñada para recibir el 100% del caudal de 2.4 m^3/s. En esta cámara tendrá dos entradas una de la derivación del rio Piedras y otra entrada proyectada para otras fuentes de abastecimientos resultantes del Plan Maestro de acueducto y alcantarillado que adelanta el Distrito de Santa Marta, se instalara una válvula reguladora de caudal antes de la cámara de aquietamiento, para el control del caudal que entregaría cada fuente.

La salida de la cámara, se realiza por rebose, a través de un vertedero rectangular de longitud 3 m, ubicado en el muro posterior en el sentido del flujo, donde se ha calculado una lámina efectiva de agua de 68 cm para manejo del caudal total.

En la siguiente imagen se observa el detalle del vertedero para el paso del agua de la cámara de aquietamiento al canal de aproximación.

FIGURA N° 24 VERTEDERO DE SALIDA EN CÁMARA DE AQUIETAMIENTO VISTA EN PLANTA Y PERFIL



Fuente: Sanear S.A

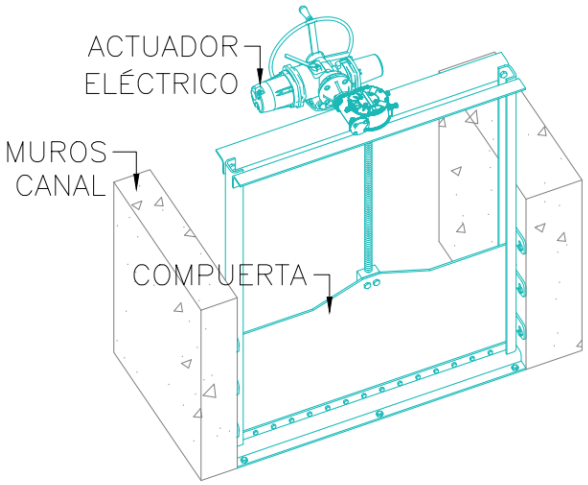
De la cámara de aquietamiento por rebose se pasa al canal de aproximación a las canaletas Parshall, el canal de aproximación tiene una longitud de 17,20 m, ancho 3,40 m y una altura de 1,20 m.

Para comunicación entre el canal de aproximación y las canaletas Parshall hay dos (2) compuertas metálicas, deslizantes, de dimensiones útiles de 1,60 m x 0,80 m., identificadas con los códigos 100-CH-02A y 100-CH-02B. Básicamente, están diseñadas para permitir el paso de las aguas dependiendo del caudal a tratar en la planta. Para este efecto, se tiene accionamiento electroactuado, que se maneja desde el centro de control ubicado en el edificio de operación, aunque también es posible su accionamiento manual, mediante la rueda de manejo superior, que permite el desplazamiento del eje vertical de acero y, por tanto, de la compuerta.

Se cuenta con 2 canaletas Parshall de ancho de garganta de 33" que permiten operar la planta con caudales de 400, 800, 1200, 1600, 2000 y 2400 l/s. Esta estructura sirve aforo y mezcla rápida.

A la salida de las canaletas Parshall se cuenta con otras dos (2) compuertas metálicas, deslizantes, de dimensiones útiles de 1,60 m x 1,0m., identificadas con los códigos 100-CH-02C y 100-CH-02D, de igual forma, con accionamiento electroactuado y manual.

FIGURA N° 25 DETALLE DE COMPUERTA LATERAL DESLIZANTE PARA CANALETAS PARSHALL



COMPUERTA INGRESO Y SALIDA DE CANALETA PARSHALL

Fuente: Sanear S.A

Cuando estas 2 fuentes de abastecimiento entreguen un caudal conjunto inferior a los 3 m³/seg, es preciso operar las diferentes compuertas deslizantes que hay en las canaletas Parshall y las válvulas de ingreso a floculadores desde el canal distribución de caudales.
Las cámaras de aquietamiento cuentan con las válvulas indicadas en la siguiente Tabla, donde se precisan sus dimensiones, ubicación y función:

TABLA N° 4 RELACIÓN VÁLVULAS Y COMPUERTAS EN CÁMARA DE AQUIETAMIENTO Y CANAL DE APROXIMACIÓN

CODIGO VÁLVULAS	DIÁMETRO	UBICACIÓN / FUNCION
100-FV-401	16"	Válvula de flujo anular, regula el caudal proveniente del río Piedras a la cámara de aquietamiento.
100-FV-402	36"	Válvula de flujo anular, regula el caudal proveniente de la aducción de los ríos del Norte.
100-CH-02A **100-CH-02B**	1,60 x 0,80 m	Compuertas laterales deslizante, paso del agua del canal de aproximación a las canaletas Parshall.
100-CH-02C **100-CH-02D**	1,60 x 1,00 m	Compuertas laterales deslizantes; salida del agua de las canaletas Parshall a la cámara repartición de caudal.

Adicionalmente, la cámara de aquietamiento cuenta con tubería de desagüe en acero al carbón de 14" de diámetro, así mismo, cuenta con una tubería de rebose de igual material y diámetro, que descarga el agua a la red de alcantarillado de aguas lluvias de la planta, como se observa en la FIGURA N° 24, estas tienen válvulas tipo mariposa manuales de igual diámetro, las cuales serán utilizadas ante posibles eventos de mantenimiento o emergencia.

A continuación, se analizan varias situaciones que pueden presentarse durante la operación de la PTAP, originadas en la variación de caudales de las fuentes de abastecimiento.

2.1.1 Medición de caudal en las dos canaletas Parshall

Como se ha explicado en los numerales precedentes, las compuertas, metálicas y deslizantes que finalmente permiten el ingreso a las dos canaletas Parshall son las identificadas en la TABLA N° 4.

La medición de lámina de agua y caudal en las canaletas Parshall que conducen el agua hacia el canal distribuidor de caudal, se realiza con sensores de nivel ultrasónicos en línea, antes de la aplicación de coagulantes justo después de la compuerta de entrada a cada una de las canaletas. En la siguiente TABLA N° 5 se muestra el código y ubicación de los sensores medidores de nivel.

TABLA N° 5 SENSORES DE NIVEL CANALETAS PARSHALL

CÓDIGO	UBICACIÓN / FUNCION
LT 410	Sensor de nivel ultrasónico ubicado en canaleta Parshall 100-CH-01A
LT 411	Sensor de nivel ultrasónico ubicado en canaleta Parshall 100-CH-01B

2.2 FLOCULACION MECÁNICA

En la operación de los floculadores mecánicos está prevista para que giren los sistemas de paletas con velocidad máxima de 5,17 RPM y mínima de 2,63 RPM, para obtener los gradientes de velocidad, máximo de 70 seg^{-1} y mínimo de 20,77 seg^{-1}.

La decisión de establecer esos rangos de velocidad estará a cargo del operador, dependiendo de la dosis del policloruro de aluminio determinadas en los ensayos de jarras; lo importante es que las velocidades vayan disminuyendo de una cámara a la siguiente y por tanto el gradiente de velocidad también.

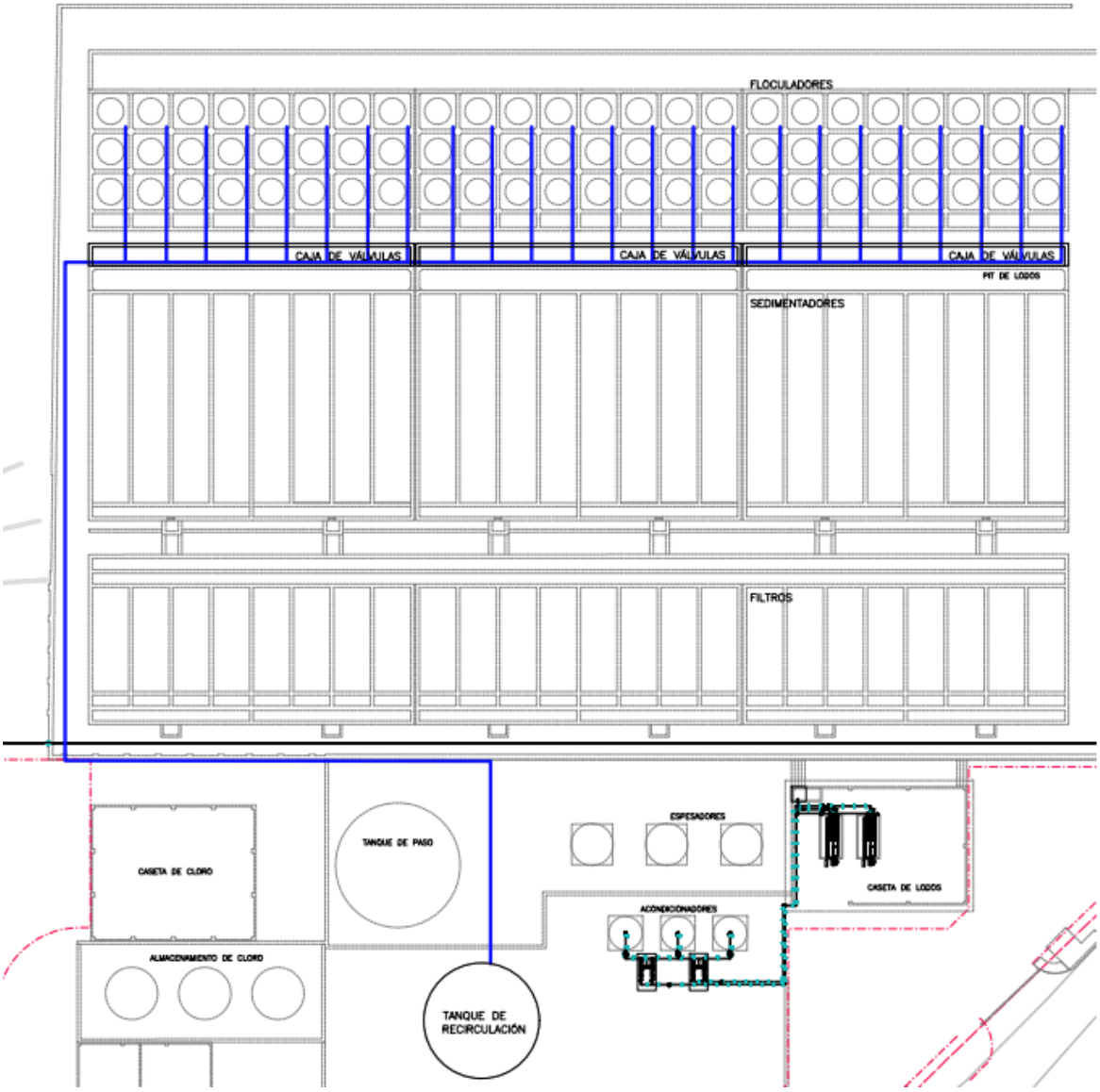
En el caso de presentarse una avería mecánica o eléctrica que impida momentáneamente el accionamiento de uno de los motores que comandan el giro de un grupo de paletas, los otros 2 deberán estar graduados para suplir el gradiente del que se detiene, pero conservando el orden decreciente.

2.2.1 Desagüe de floculadores

Cada unidad de floculación de 100L/s está compuesto por 3 cámaras de floculación y un canal de aguas floculadas, cada cámara dispone de un desagüe en AC de Ø8" en el fondo, los desagües de las tres cámaras se conectan a una tubería en común hacia la parte delantera, cuentan con una válvula tipo mariposa de igual diámetro y de accionamiento manual, ubicada en una caja de válvulas de dimensiones internas de 30,45m x 1,80m x 1,50m de altura, en la cual ingresa el desagüe de 8 unidades de floculación, estos se conectan a una tubería en PEAD de Ø14" con la cual se recolecta el desagüe de los otros 2 módulos de 800l/s, para después dirigirse por un costado de la planta hasta el tanque de recirculación.

En la siguiente figura se puede observar el recorrido del manifold de desagüe representada por la línea de color azul, desde los floculadores hacia el tanque de recirculación ver FIGURA N° 26.

FIGURA N° 26 LÍNEA DE DESAGÜE FLOCULADORES - PLANTA



Fuente: Sanear S.A

Cuando se determine la necesidad de realizar el mantenimiento preventivo o de rutina de la estructura de los floculadores, se deberá sacar de servicio una línea completa de 100l/.

Para este efecto se debe suspender el ingreso de agua a la unidad a intervenir, mediante el cierre de las válvulas de ingreso directo a cada floculador (2 válvulas por unidad)

En la TABLA N° 6 se muestran la cantidad y código de las válvulas de ingreso a las unidades de floculación

TABLA N° 6 VÁLVULAS DE INGRESO A FLOCULADORES

MODULO 800L/S.	CÓDIGO VÁLVULAS	UBICACIÓN
1	150-FV-412 /A/B/C/D/E/F/G/H/I/J/K/L/M/N/O/P	Dos (2) válvulas actuadas de ingreso por cada unidad de floculación de 100L/s para el primer módulo
2	150-FV-487 A/B/C/D/E/F/G/H/I/J/K/L/M/N/O/P	Dos (2) válvulas actuadas de ingreso por cada unidad de floculación de 100L/s para el segundo módulo
3	150-FV-501 A/B/C/D/E/F/G/H/I/J/K/L/M/N/O/P	Dos (2) válvulas actuadas de ingreso por cada unidad de floculación de 100L/s para el tercer módulo

La siguiente acción es suspender el sistema de agitación mecánica con el apagado secuencial de los motores de esa unidad.

Como el ingreso al floculador lleva la mezcla del coagulante, es preciso ajustar antes la dosificación aplicada para las unidades que permanecerán en servicio mientras se realiza la operación de lavado en el floculador y también, se debe controlar el caudal de ingreso desde la cámara de distribución de caudales., con accionamiento de las válvulas de ingreso mencionadas en la TABLA N° 6.

Después de apagados los motores y suspendido el ingreso de agua con coagulante de la unidad a lavar, se abren en forma manual y lentamente, la válvula de desagüe de diámetro 8". En la TABLA N° 7 se encuentra el código y ubicación de las válvulas y de control de desagüe de los floculadores.

TABLA N° 7 VÁLVULAS DE DESAGÜE DE FLOCULADORES

MODULO 800L/S.	CÓDIGO VÁLVULAS	UBICACIÓN
1	150-HV-01/A/B/C/D/E/F/G/H	Una (1) válvula manual por cada unidad de floculación de 100L/s para el primer módulo
2	150-HV-02/A/B/C/D/E/F/G/H	Una (1) válvula manual por cada unidad de floculación de 100L/s para el segundo módulo
3	150-HV-03/A/B/C/D/E/F/G/H	Una (1) válvula manual por cada unidad de floculación de 100L/s para el tercer módulo

Es de anotar que el ingreso de agua a los sedimentadores, se realiza a continuación del salida de floculadores mediante 3 tuberías en AC de diámetro 18" y, al desocupar el floculador se producirá un retorno de cierto volumen de agua del sedimentador, hasta llegar al equilibrio de niveles en ambos tanques, para evitar que esto suceda se encuentra instalada en cada línea una válvula mariposa de igual diámetro y de accionamiento manual, la cual deberá estar cerrada durante el proceso de mantenimiento y lavado de la unidad de floculación, por lo tanto, se interrumpe también el paso a los sedimentadores que le corresponden a ese tren de tratamiento. En conclusión, se deben hacer coincidentes las operaciones de lavado de floculadores y sedimentadores, para obtener mayor efectividad en tiempos y recursos.

El lavado de las unidades de floculación se debe acompañar de lavado superficial con manguera a presión, con agua derivada del tanque de servicio ubicado en la cubierta del edificio de operaciones, que se aplica sobre paredes, paletas de giro y placa de fondo, hasta remover los sólidos que se encuentren adheridos a esas superficies.

Terminado el lavado completo de los floculadores, se cierran las válvulas de desagüe (Ver TABLA N° 7) y se restablece el suministro de agua con el accionamiento de las válvulas de ingreso a floculadores (Ver TABLA N° 6) y las válvulas manuales en las tuberías de salida de floculadores a sedimentadores, las cuales se utilizaron para suspender el flujo entre unidades. Cuando se restablezca el nivel normal de agua en estas estructuras, se ponen en funcionamiento los motores eléctricos para agitación de las paletas.

En caso de presentarse fallas o daño en el funcionamiento de uno de los motores de agitación, se deben variar las velocidades de los otros, con el fin de suplir el gradiente de velocidad requerido para agitación, que debe estar entre 20 y 70 seg-1, como se indicó al comienzo de este numeral. Lo importante es que el gradiente vaya disminuyendo al de la primera a la última cámara.

2.3 SEDIMENTACIÓN DE ALTA TASA

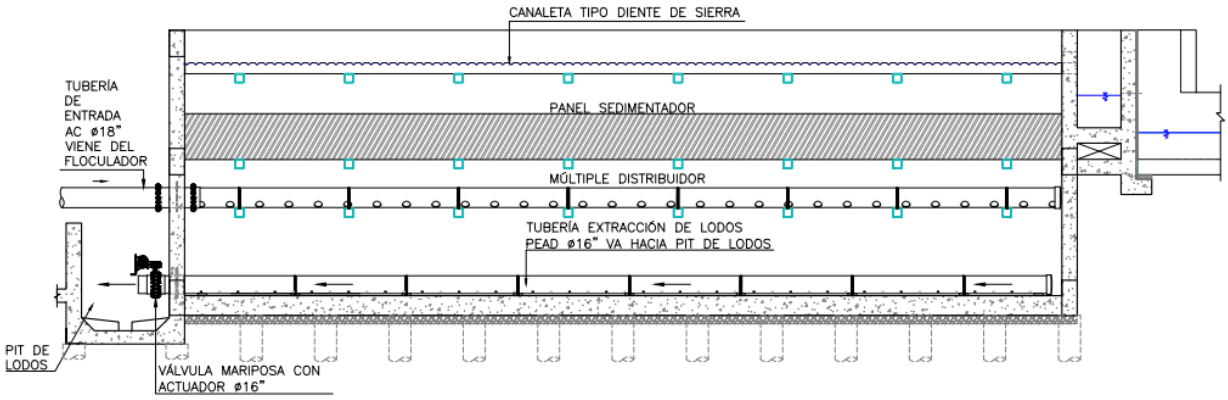
En la operación normal de los sedimentadores estos reciben el agua proveniente del canal de aguas floculadas de cada unidad de 100l/s de floculación, el agua ingresa por medio de tres (3) tuberías en AC de Ø18", en su interior después del pasa muro se realiza un cambio de material a PEAD de igual diámetro, la tubería interna se encuentra perforada con orificios laterales de 18cm de diámetro espaciados 0.67m, por los que sale el agua que posteriormente asciende a través de los módulos de sedimentación plásticos tipo colmena, hasta alcanzar las canaletas recolectoras en fibra de vidrio, que vierten el agua al canal común de aguas sedimentadas para 4 unidades de sedimentación de 100l/s cada una, este canal cuanta con dimensiones internas de 15,00m x 1,00m x 2,22m de altura, para recolectar 400 L/s, posteriormente el agua es conducida hacia el ingreso de los filtros.

En la parte inferior de los sedimentadores se encuentra la tolva de lodos, la cual cuenta con dos (2) tuberías en PEAD de 16" de diámetro, con perforaciones intercaladas de 3,8cm de diámetro y separadas 0.42m a ejes, esta tubería será utilizada para la extracción de los lodos, y su posterior vertimiento al PIT con la apertura de una válvula tipo mariposa de igual diámetro y electroactuada, la cual podrán ser también accionada manualmente por el operario de turno.

2.3.1 Lavado de los sedimentadores

Para la recolección y extracción de los lodos depositados en los sedimentadores, cada unidad dispone de dos tuberías en PEAD de 400 mm, que los conduce al PIT de lodos. Estas válvulas funcionan de manera actuada o manual, la TABLA N° 8 contiene el código y ubicación de las válvulas de las tuberías de extracción de lodos.

FIGURA N° 27 EXTRACCIÓN DE LODOS DEL SEDIMENTADOR



Fuente: Sanear S.A

TABLA N° 8 VÁLVULAS DE EXTRACCIÓN DE LODOS DE LOS SEDIMENTADORES

MODULO 800L/S.	CÓDIGO VÁLVULAS	UBICACIÓN
1	200-FV-444 A/B/C/D/E/F/G/H	Dos (2) válvulas electrocutadas por cada unidad de sedimentación de 100L/s para el primer módulo
2	200-FV-497 A/B/C/D/E/F/G/H	Dos (2) válvulas electrocutadas por cada unidad de sedimentación de 100L/s para el segundo módulo
3	200-FV-511 A/B/C/D/E/F/G/H	Dos (2) válvulas electrocutadas por cada unidad de sedimentación de 100L/s para el tercer módulo

2.4.1.1 PIT de lodos

Para el manejo de lodos generados en el proceso de sedimentación, se cuenta con un tanque de recolección y almacenamiento transitorio de lodos llamado PIT, el cual es una estructura en común en cada módulo de 800L/s de sedimentación.

En la planta de tratamiento se cuenta con tres (3) unidades de PIT de lodos, de geometría rectangular, con las dimensiones útiles del tanque son 30,45m de largo x 2,00m ancho x 0,55m de altura, para un volumen útil de 33,50m³ con un borde libre de 0,94m.

El mantenimiento se realiza con la limpieza manual de superficies, dependiendo de la calidad del agua floculada y la temporada del año en que se encuentre la zona de captación. Las bombas sumergibles con capacidad de 2 l/s, estas se extraen y transportan el lodo hacían los tanques espesadores (Ver FIGURA N° 18).

2.4.1.2 Espesador de lodos

Se cuenta con tres tanques espesadores de lodos de fondo cónico, con capacidad de 27,48m³ cada uno, construidos en poliéster reforzado en fibra de vidrio (PRFV), estos operan en paralelo, se construirán 2 en una primera etapa, el tercero es para una etapa posterior, en la FIGURA N° 19 se muestra el esquema del sistema:

Diámetro: 3,4m
Altura del cilindro: 2,30m
Borde libre: 0,10m
Altura del cono: 2,30m

En la plataforma de trabajo ubicada en la parte delantera de los módulos de filtración, se cuenta con 3 válvulas mariposa electroactuadas, que permiten el ingreso del lodo proveniente de los PIT a los tanques espesadores, en la TABLA N° 9 se muestra el código y ubicación de cada válvula.

TABLA N° 9 VÁLVULAS DE INGRESO A TANQUES ESPESADORES

TANQUES ESPESADORES	CÓDIGO VÁLVULAS	UBICACIÓN
300-ES-01	300-FV-447	Una (1) válvula electrocutada al ingreso del tanque espesador 1
300-ES-02	300-FV-448	Una (1) válvula electrocutada al ingreso del tanque espesador 2
300-ES-03 (se instalará para una etapa posterior)	300-FV-515	Una (1) válvula electrocutada al ingreso del tanque espesador 3, esta se instalará para una etapa posterior.

El principio de funcionamiento es la sedimentación de solidos para concentrarlos en el fondo del tanque, y poder retirar la mayor parte del clarificado el cual es evacuado por válvulas a diferentes alturas hasta el tanque de recirculación (Ver FIGURA N° 28).

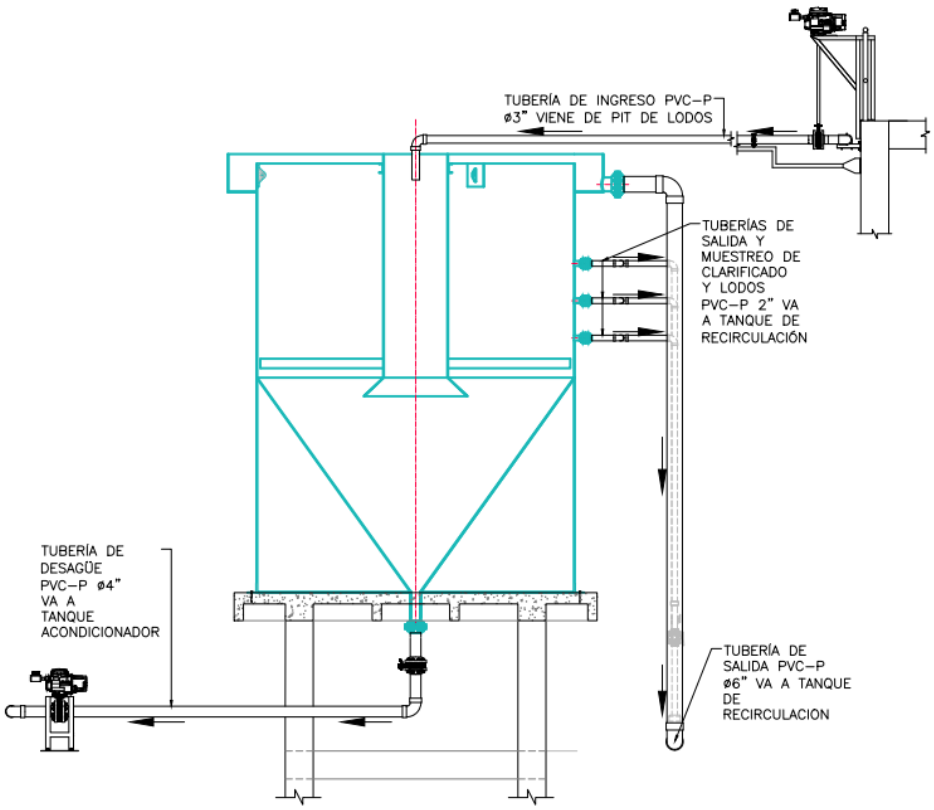
Para el envío del lodo espesado en los tanques acondicionadores, es necesario el accionamiento de juego de válvulas electroactuadas y manuales, ubicadas en la tubería de salida de los espesadores y el ingreso a los acondicionadores. En la siguiente TABLA N° 10, se consignan los códigos y ubicación de estas válvulas.

TABLA N° 10 VÁLVULAS DE SALIDA DE TANQUES ESPESADORES

CÓDIGO VÁLVULAS	FUNCIONAMIENTO	UBICACIÓN
300-HV-06	Manual	Una (1) válvula ubicada en el la salida del fondo del tanque espesador 1
300-HV-07	Manual	Una (1) válvula ubicada en el la salida del fondo del tanque espesador 2
300-HV-53	Manual	Una (1) válvula ubicada en el la salida del fondo del tanque espesador 3, esta se instalará para una etapa posterior.
300-FV-449	Electroactuada	Una (1) válvulas en la tubería de salida del tanque espesador 1
300-FV-450	Electroactuada	Una (1) válvulas en la tubería de salida del tanque espesador 2

CÓDIGO VÁLVULAS	FUNCIONAMIENTO	UBICACIÓN
300-FV-516	Electroactuada	Una (1) válvulas en la tubería de salida del tanque espesador 3, esta se instalará para una etapa posterior.
300-FV-4451	Electroactuada	Una (1) válvulas en la tubería de ingreso al tanque acondicionador 1
300-FV-452	Electroactuada	Una (1) válvulas en la tubería de ingreso al tanque acondicionador 2
300-FV-517	Electroactuada	Una (1) válvulas en la tubería de ingreso al tanque acondicionador 3, esta se instalará para una etapa posterior.

FIGURA N° 28 TUBERÍAS DE SALIDA Y MUESTREO DE CLARIFICADO DE SEDIMENTADOR



Fuente: Sanear S.A

2.4.1.3 Acondicionador de lodos

Se cuenta con tres (3) tanques acondicionadores de lodos con capacidad de 12,93m³ en PRFV, se construirán 2 en una primera etapa, el tercero es para una etapa posterior, con las siguientes dimensiones (Ver FIGURA N° 20):

Diámetro: 3,00m
Altura del cilindro: 1,70m
Altura del cono: 0,39m

En esta unidad se homogenizan los lodos concentrados y se mezclan con un polímero deshidratante para mejorar las condiciones de espesamiento al momento de la deshidratación en el tratamiento de lodos, con ayuda de un agitador de paletas.

Los acondicionadores cuentan con controles de nivel ultrasónico, con válvulas actuadas para la entrada de lodos y evitar el rebose del tanque, su mantenimiento consiste en lavar las superficies del interior y limpiar los sensores de nivel con agua a presión sin ningún producto químico.

Para el envío del lodo acondicionado hacia el filtro prensa, la salida de cada unidad de acondicionamiento cuenta con juego de válvulas manuales y electroactuadas, dos pares de bomba de cavidad progresiva para un total de 4 dos trabajando y dos en stand by, con capacidad de bombear 0,00114m³/s de lodos cada una. En la siguiente TABLA N° 11 se observa el código y ubicación de las válvulas de salida.

TABLA N° 11 VÁLVULAS DE SALIDA DE TANQUES ACONDICIONADORES

CÓDIGO VÁLVULAS	FUNCIONAMIENTO	UBICACIÓN
300-HV-14	Manual	Una (1) válvula ubicada en el la salida del fondo del tanque acondicionador 1
300-HV-15	Manual	Una (1) válvula ubicada en el la salida del fondo del tanque acondicionador 2
300-HV-54	Manual	Una (1) válvula ubicada en el la salida del fondo del tanque acondicionador 3, esta se instalará para una etapa posterior.
300-FV-457	Electroactuada	Una (1) válvulas en la tubería de salida del tanque acondicionador 1
300-FV-458	Electroactuada	Una (1) válvulas en la tubería de salida del tanque acondicionador 2
300-FV-520	Electroactuada	Una (1) válvulas en la tubería de salida del tanque acondicionador 3, esta se instalará para una etapa posterior.

En cuanto a la operación de las bombas, de manera general se establecen las siguientes restricciones:

- La bomba 1 y 2 podrán extraer de cualquiera de los 3 TKs de acondicionamiento. Aplica de igual manera para las bombas stand by.

- Se establece la bomba 1 y 3 como equipos principales y las bombas 2 y 4 como stand by.

- Cuando la bomba 1 opere con el TK 1, la bomba 3 podrá operar de manera simultánea con el TK 2 o el TK 3.

- Cuando la bomba 1 opere con el TK 2, no se podrán operar de manera simultánea la bomba 3 con el TK 1.

- Cuando la bomba 1 opere con el TK 2, se podrán operar de manera simultánea la bomba 3 con el TK 3.

- Cuando la bomba 1 opere con el TK 3, no se podrán operar de manera simultánea la bomba 3 con el TK 1 o TK 2.

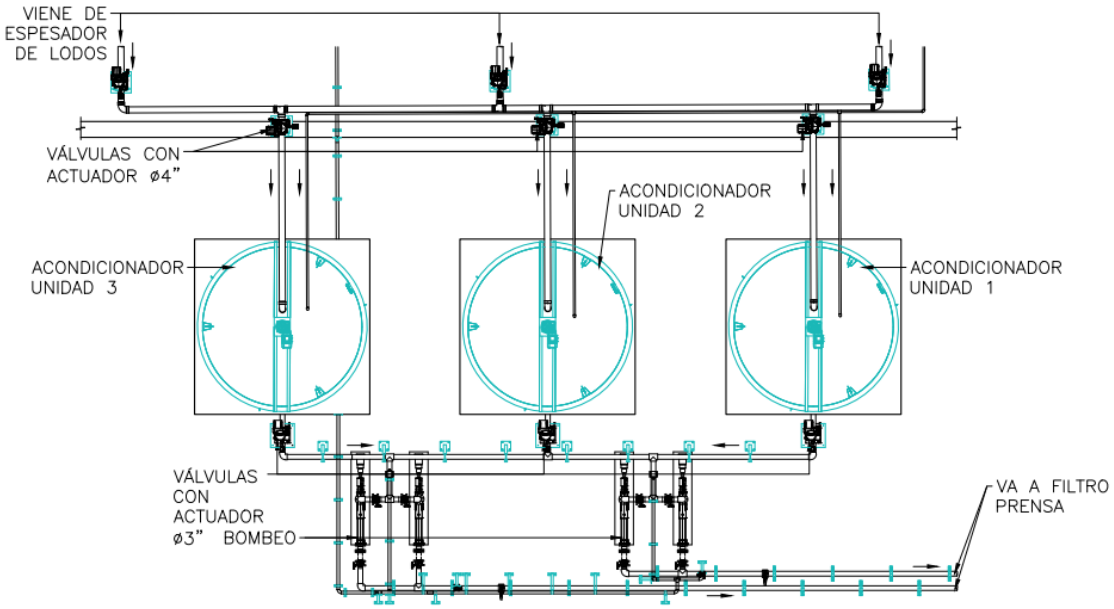
- Cuando la bomba 3 opere con el TK 1, no se podrán operar de manera simultánea la bomba 1 con el TK 2 o el TK 3.

- Cuando la bomba 3 opere con el TK 2, se podrán operar de manera simultánea la bomba 1 con el TK 1.

- Cuando la bomba 3 opere con el TK 3, se podrán operar de manera simultánea la bomba 1 con el TK 1 o el TK 2.

- Al inicio de operación solo se contará con la Filtro Prensa 1, posteriormente, se incluirá la Filtro Prensa 2 en la operación.

FIGURA N° 29 VISTA EN PLANTA DE LA UBICACIÓN DE TANQUES ACONDICIONADORES



ESQUEMA DE UBICACIÓN TANQUES ACONDICIONADOR

Fuente: Sanear S.A

2.4.1.4 Filtro Prensa

El proceso final del tratamiento de lodos corresponde a la deshidratación máxima posible al pasar el lodo acondicionado por el sistema de filtro prensado, este último cuenta con un filtro prensa de 30 placas de polipropileno formato 800 x 800 x 60 mm, el sistema funciona por la inyección del lodo a presión, hasta la conformación de tortas o bloques sólidos; de manera automática el sistema realiza el apagado de la alimentación cuando alcanza una presión de 12 Bar.(Ver FIGURA N° 21)

Para la verificación de la formación de los bloques se debe monitorear la contextura del lodo al ingreso del filtro prensa, para ello la unidad cuenta don una toma de muestra, luego desde el tablero de control se acciona automáticamente la apertura y separación de las placas para la recolección de la torta, la limpieza se realiza mediante la inyección de agua a presión por la tubería del flushing y manualmente con la limpieza de cada una de las placas, de igual forma se debe tener cuidado con las lonas de las mismas.

El agua clarificada resultado de la deshidratación del lodo de cada unidad de filtro prensado, será conducida a un pozo dentro de la caseta de lodos, en el cual se encuentran dos (2) bombas sumergibles, para la evacuación del clarificado hacia el tanque de recirculación.

Para una primera etapa se concibe la instalación de una unidad, mientras que una segunda se instalará en una etapa posterior.

2.4 FILTROS RÁPIDOS DE TASA DECLINANTE

La operación normal de un módulo de cuatro (4) filtros, implica tratar 100 L/s en cada uno. Sin embargo, por ser de tasa declinante, ésta va variando en la medida que se vaya colmatando de sólidos los lechos filtrantes. Esto se refleja en el aumento de la lámina de agua hasta alcanzar el nivel máximo establecido, que generalmente está marcado en las paredes de cada unidad, situación que obliga al lavado de esa unidad colmatada. (Ver FIGURA N° 30)

2.4.1 Lavado de un filtro

Para lograr la correcta operación de los filtros, es preciso realizar lavados continuos y rehabilitar el medio filtrante cuando sea necesario.

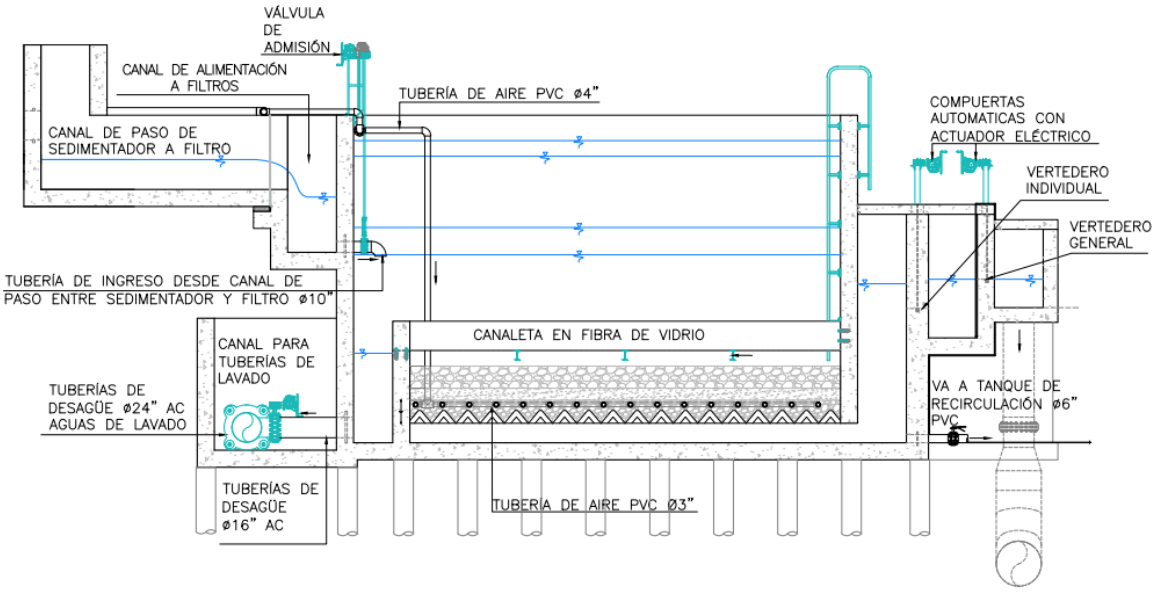
El lavado de un filtro se debe adelantar cuando se presente una de las siguientes condiciones:

- El nivel de agua alcance el valor máximo estipulado, que corresponde a la máxima pérdida de carga permitida por el sistema. También cuando la medida de la presión diferencial en la salida del filtro esté por fuera de los rangos establecidos.
- También será necesario lavarlo cuando se aprecie deterioro evidente en la calidad del agua, niveles de turbiedad y pH por fuera de los rangos establecidos.
- Cuando hayan trascurrido 72 horas desde el último lavado. Este valor se puede ajustar en los paneles de instrumentación, de acuerdo a la experiencia en la operación de estas plantas de tratamiento y a calidad de agua que se esté captando.
- Cuando se haya programado el lavado por parte del personal operativo de la PTAP, con base en la experiencia en tratamiento de agua potable.

Estos filtros son de autolavado; por tanto, se lavan con flujo ascendente proveniente del agua que producen los 4 filtros, y, además se inyecta aire para complementar el lavado. La velocidad ascensional de lavado de 0,78 m/min para garantizar la correcta expansión del lecho filtrante, este valor se obtiene de adoptar un caudal de lavado de 400 L/s.

Para lograr el correcto lavado de un filtro se debe cumplir el proceso descrito a continuación, ya sea desde el SCADA en el edificio de operaciones, o desde el panel de comando en la parte superior de cada filtro, sobre las pasarelas de circulación; este panel permite pulsar los botones para abrir o cerrar válvulas y compuertas, así como accionamiento del equipo soplador de aire, control de niveles y puede originar señales de control de operación y alarmas sobre el funcionamiento.

FIGURA N° 30 LAVADO DE UNA UNIDAD DE FILTRACIÓN



Fuente: Sanear S.A

El proceso comprende las siguientes acciones:

a) Cerrar lentamente la válvula de admisión de agua al filtro, del tipo guillotina y de diámetro de 10" del filtro que se quiere lavar. Esta válvula electroactuada está ubicada al ingreso de cada unidad de filtración, en el canal de alimentación de los filtros.

b) Dejar que el filtro continúe su operación, hasta cuando el nivel de agua descienda hasta el nivel del vertedero de control.

c) Abrir lentamente la válvula de desagüe del filtro, del tipo mariposa con diámetro 6", hasta cuando el nivel de agua descienda 15 cm por encima del lecho filtrante.

d) Alcanzado este nivel, se puede activar el mecanismo para inyectar aire desde el equipo soplador, ubicado en el edificio de operaciones. Se dispone de una tubería de acero al carbón, diámetro 6" hasta la parte superior del muro del primer módulo de filtración, en este punto cambia de material y diámetro a PVC-P de Ø4". Cada filtro cuenta con una derivación de esta tubería, provista de una válvula tipo mariposa elctroactuada, de igual diámetro, que se abrirá lentamente, antes de encender el soplador. Solamente es posible lavar con aire un filtro a la vez en todo el sistema de tratamiento.

e) El lavado por aire se extiende por un período de 1.5 a 2.0 minutos, con caudal del soplador 10,47 m^3/minuto, con presión de 8,97 psi (0,63 K/cm^2) y velocidad efectiva inferior a 20 m/s. La tubería vertical llega a cada filtro y entrega el volumen de aire en el canal central inferior de recolección de agua filtrada. Cumplido ese período de

inyección de aire, se apaga el soplador y se cierra lentamente la válvula de admisión individual al filtro, en diámetro 4".

f) A partir de ese momento se activa la aplicación de agua con flujo ascendente, proveniente de los otros 3 filtros que continúan su operación normal de filtración.

g) Se deja actuar el flujo ascensional durante un período de 3 a 5 minutos aproximadamente, tiempo que depende de observar la calidad del agua en el canal de lavado, con el proceso previo de inyección de aire.

h) Terminado el ciclo de lavado, se procede a cerrar la válvula de salida del agua de lavado de 16" de diámetro.

i) Abrir la válvula de admisión de agua, diámetro 10" y cuando el nivel de agua ascienda hasta el nivel mínimo de operación del filtro N1 en la cota 261,32 m.s.n.m, con lo cual se normaliza la operación de filtración en la unidad limpia.

j) El operador durante el lavado debe verificar que no se escape el material filtrante por las canaletas de lavado, en caso que se presente, inmediatamente debe comunicarlo al supervisor encargado, para que tome las medidas necesarias para corregir esta anomalía y evitar la pérdida del lecho.

El caudal de agua originado durante el lavado es recolectado en la cámara a la entrada de los filtros, con dimensiones internas de 3,50m x 0,80m x 1,83m de altura y después es enviado mediante una tubería de diámetro 16" en AC, localizada en un extremo de esa cámara, la cual se conecta a un manifold de 24" de diámetro en AC hasta el tanque de recirculación donde por medio de bombas el agua se reintegra al proceso de potabilización.

2.5.1.1 Tanque de recirculación

Este tanque tiene dimensiones: 11,08 m de diámetro y altura útil de 5,61m, este recibe las aguas de lavado y desagüe de los filtros, así como, desagüe de floculadores y los clarificados de los espesadores y filtro prensa. Este tanque cuenta con sensor de nivel ultrasónico.

Esta unidad cuenta con tres electrobombas de recirculación, dos para reintegrar el agua hasta el canal de entrada y otra de achique para enviar los lodos que se sedimentan dentro del tanque hacia el PIT de lodos. (Ver FIGURA N° 23). La línea de recirculación cuenta con un medidor de caudal electromagnético que controla l caudal que se envía al canal de entrada, para garantizar que este no exceda el 10% del agua que ingresa a la planta.

Terminada la operación de lavado de un filtro, se procede a lavar otro que se encuentre sucio, bien sea de este módulo en mantenimiento o de los demás módulos. Generalmente

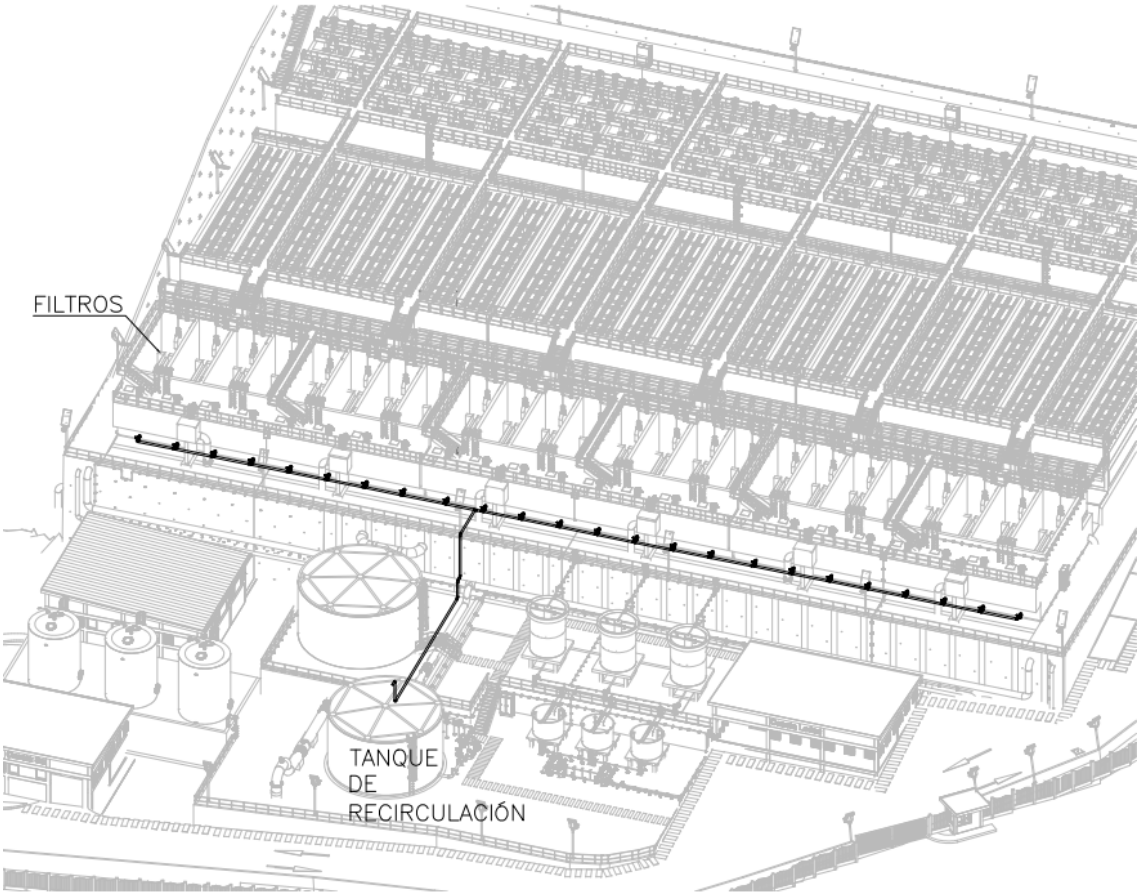
obedece a una programación previamente efectuada, salvo alguna condición excepcional. El intervalo entre lavados de un mismo filtro puede ser del orden de 72 horas.

Se debe programar la rutina de lavado con anticipación para evitar contratiempos en operación de los filtros y en general, de la planta de tratamiento.

2.4.2 Desagüe general de los filtros

Cuando sea necesario desocupar totalmente de agua un módulo o una unidad de filtración, por razones de mantenimiento o cambio de lechos filtrantes, se deben operar las válvulas de mariposa, con diámetro 6", conectadas con pasamuros de igual diámetro, en el canal central e inferior de recolección de agua filtrada. La entrega de agua se hace en la parte delantera de los filtros y de allí se conduce al tanque de recirculación de aguas de lavado, en tubería PVC con diámetro 6". (Ver FIGURA N° 31)

FIGURA N° 31 TUBERÍA DE DESAGÜE DE FILTROS A TANQUE DE RECIRCULACIÓN



Fuente: Sanear S.A

2.5 TANQUE DE CONTACTO DE CLORO Y DESINFECCIÓN

Los tanques de almacenamiento para el circuito El Curval son circulares en vidrio fusionado al acero, y cuenta con un tanque interno de contacto de cloro con las siguientes dimensiones (Ver FIGURA N° 16):

Diámetro tanque de contacto: 5,97m

Altura tanque de contacto: 8,65m

Volumen útil tanque de contacto: 242m^3

Diámetro tanque externo: 32,4m

Altura útil tanque externo: 8,66m

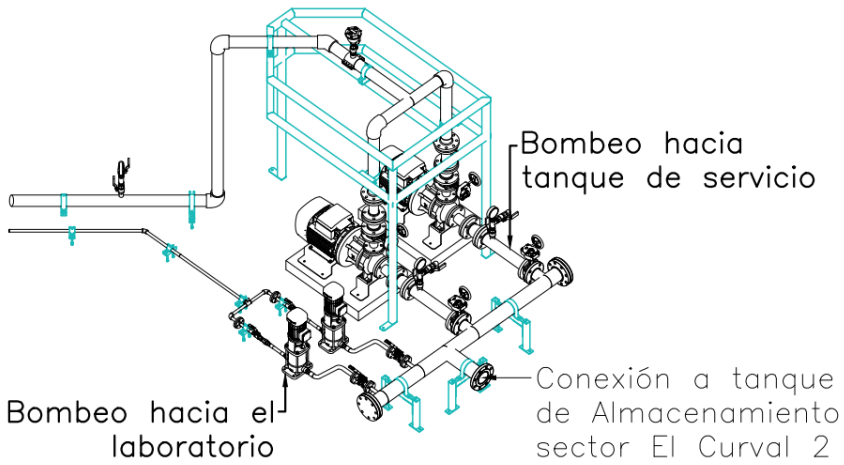
Volumen útil tanque externo: 6630m^3

Volumen total tanque externo-contacto: 6872m^3.

Los tanques son circulares en vidrio fusionado al acero, en estos, el agua ingresa por la parte inferior y así agua en transita en forma ascendente para garantizar el tiempo de contacto de 20 min del agua con el hipoclorito de sodio, y por la parte superior vierte el agua al tanque externo de almacenamiento y distribución.

En el tanque de almacenamiento Sector Curval salen dos líneas de impulsión del agua tratada, una hacia el laboratorio ubicado en tercer piso del edificio de operaciones para el seguimiento real de las variables de potabilización, y la segunda, es impulsada hacia el tanque de abasto ubicado en la cubierta del edificio, para consumo interno y puntos de mantenimiento distribuidos en toda la planta. Cada línea cuenta con dos electrobombas (1 en operación y 1 de reserva) las cuales fueron diseñadas para funcionar 24 horas al día en caso de ser necesario. En la FIGURA N° 32 se puede observar la ubicación de los bombeos en la plataforma donde se encuentran ubicados los tanques.

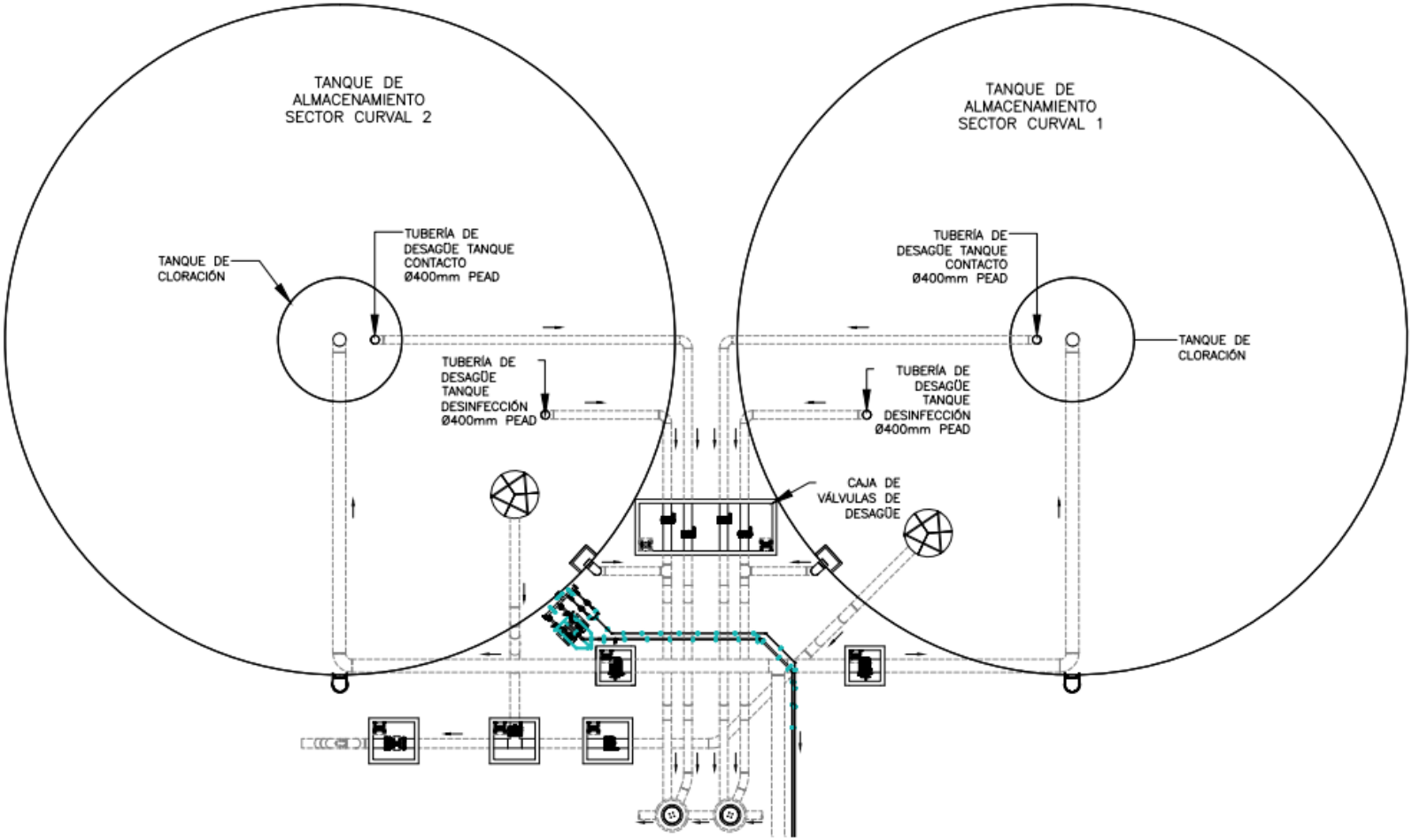
FIGURA N° 32 DETALLE BOMBEOS DEL TANQUE SECTOR CURVAL 2 A LABORATORIO Y TANQUE DE SERVICIO



Fuente: Sanear S.A

Adicionalmente, cada tanque cuenta con dos (2) válvulas de desagüe en caso de mantenimiento, una de estas corresponde al tanque interno y la otra al externo, es de especial importancia tener en cuenta que por ningún motivo el tanque interno puede ser desocupado teniendo el tanque externo lleno, ya que la presión generada por el agua podría colapsar el tanque interno. Estas válvulas de desagüe se encuentran en una caja de válvulas ubicada en medio de los dos tanques de almacenamiento como se muestra en la FIGURA N° 33

FIGURA N° 33 CAJA DE VÁLVULAS DE DESAGÜES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO



Fuente: Sanear S.A

2.6 DEPÓSITO Y APLICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Los productos químicos a utilizar en la planta de potabilización son: Policloruro de aluminio PAC (Coagulante), polímero deshidratante e hipoclorito de sodio in situ (desinfectante).

TABLA N° 12 DOSIS DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y CAUDAL DE APLICACIÓN

Producto Químico	Concentración	Dosis	Caudal dosificación (m^3/h)	Caudal por bache (L/bache)
Coagulante (Policloruro de aluminio)	1320g/L	14 mg/L	0,030	
Polímero deshidratante	5 g/L	100 mg/L		140
Desinfectante (Hipoclorito de sodio)	8 g/L	2,5 mg/L	0,90	

2.6.1 Policloruro de aluminio

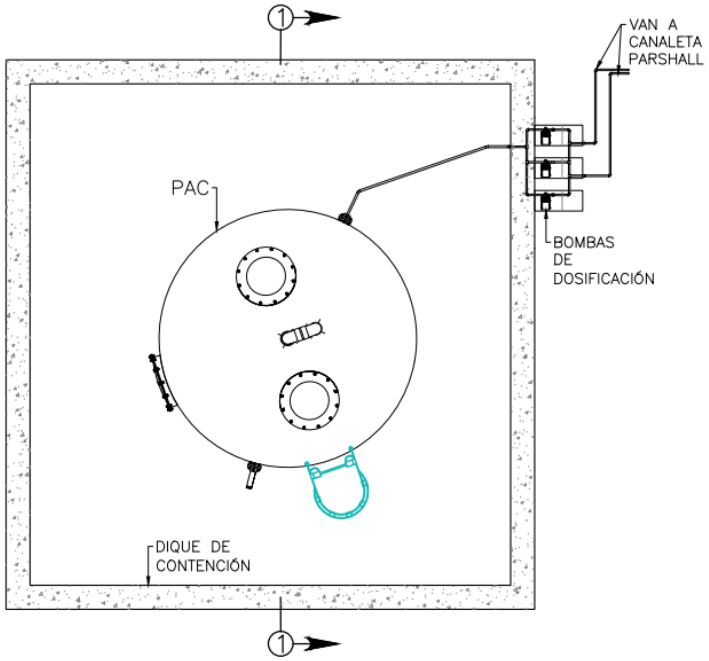
Para ayudar en el proceso de coagulación del agua cruda se utilizará policloruro de aluminio líquido (PAC). Este elemento se almacenará en un tanque de poliéster reforzado con fibra de vidrio, materiales que resiste la agresividad de tales químicos, con capacidad de 66 m^3, para garantizar un período de almacenamiento de 30 días para el caudal de 2400 l/s, situado a la entrada del edificio de operaciones, con diámetro de 3,75 m y altura de 6 m, cuenta con un dique de contención con dimensiones internas de 7,30m x 7,00m x 1,60m de altura.

Almacenamiento: el carro tanque ingresa al lugar donde está ubicado el tanque de almacenamiento de PAC (Código 350-TK-01) y trasvasa el químico a este, cuenta con sensores de nivel bajo y bajo-bajo, que emite una alarma para ser llenado, en caso de no realizarse el llenado se envía una señal para el apagado automático de las bombas dosificadoras.

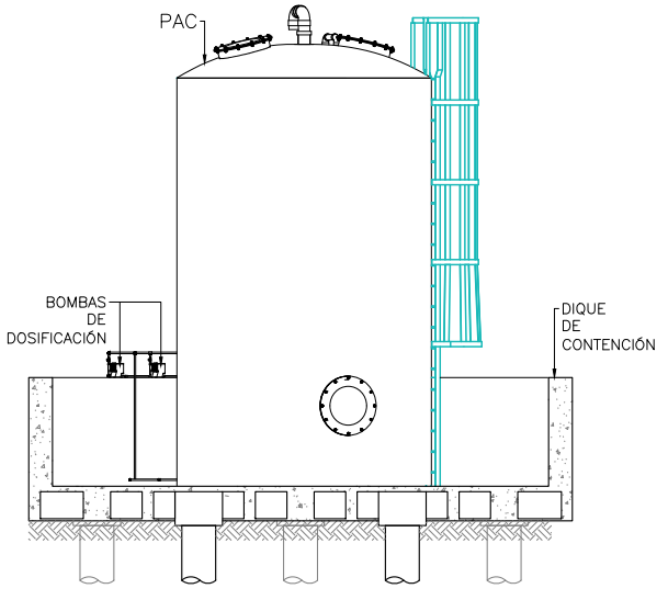
La descarga del PAC se realiza por la parte inferior del tanque, mediante una tubería PVC-P de diámetro 1" hasta las bombas dosificadoras ubicadas en la parte superior del muro del dique, la cual se divide en 3 líneas cada una para el ingreso a cada bomba. La longitud aproximada de la línea de succión para el policloruro de aluminio es de 2,50 m aproximadamente en PVC-P, contabilizados desde la salida del tanque de almacenamiento hasta el ingreso a cada bomba.

En la FIGURA N° 34 se observa el tanque de almacenamiento de PAC y el dique de contención en planta.

FIGURA N° 34 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PAC



PLANTA TANQUE DE ALMACENAMIENTO PAC

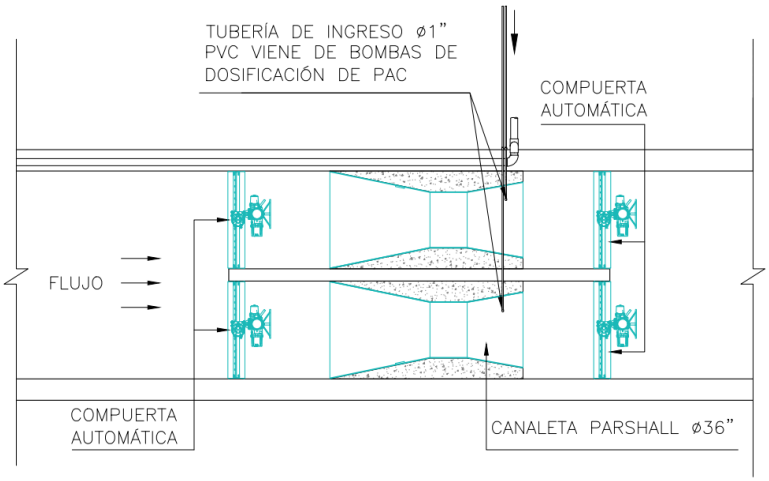


SECCIÓN 1–1
TANQUE DE ALMACENAMIENTO PAC

Fuente: Sanear S.A

Dosificación: se cuenta con tres bombas dosificadoras peristálticas (350-P-01A, 350-P-01B y 350-P-01C), las cuales cuentan con un sistema de dosificación que permite un rango mayor de operación en caso de ser necesario para la operación de la planta, cada una con capacidad de dosificar 763,64 ml/min de la solución hasta cada una de las canaletas Parshall. A partir de las bombas dosificadoras instaladas se establece un diámetro de tuberías de descarga de 1" hasta las estructuras de mezcla rápida en el canal de entrada, con una longitud de impulsión aproximada de 34,04m. (Ver FIGURA N° 35)

FIGURA N° 35 PUNTO DE APLICACIÓN DEL COAGULANTE EN LAS CANALETAS PARSHALL



Fuente: Sanear S.A

De acuerdo con los ensayos de tratabilidad adelantados por la Consultoría durante los años 2021 y 2022, la dosis mínima de policloruro de aluminio para las 3 fuentes individuales o mezcladas es del orden de 14 mg/l.

Para un caudal de 2400 l/s, se necesitará la siguiente cantidad media de este químico:

Consumo de PAC = 2400 lt/seg * 14 mg/lt = 33.600 mg/seg = 33,6 g/seg
Consumo diario = 33,6 g/seg * 86400 seg/día = 2.903.040 g/día = 2.903 Kg/día
Consumo mensual = 30 * 2.903 Kg = 87.090 Kg/mes = 87 Ton/mes

Volumen almacenado en un tanque = 66 m³
Densidad del policloruro = 1,37 Kg/l – 1,51 Ton/m³ de la solución
Peso almacenado = 100 Ton

En conclusión, el policloruro de aluminio almacenado alcanza para 1 mes, con una dosificación mínima de 14 mg/lt.

Como el policloruro de aluminio líquido se suministra y dosifica sin diluir, la cantidad de líquido se determina en la siguiente forma:

Para una dosis de 14 mg/lt se requieren 14/1,51 = 9,27 ml/seg = 0,0093 lts/seg
Equivalente a 0.0093*60 = 0.98 lts/minuto y 58.54 lts/hora

El sistema de dosificación del coagulante será modificado dependiendo de los ensayos de jarras realizados en el laboratorio de operación y se registrará el caudal necesario. La decisión a aplicar el químico será responsabilidad del operador de la planta, de acuerdo a su personal apreciación sobre la calidad del agua cruda que esté llegando a la planta de tratamiento y los resultados de las pruebas de jarra realizados.

Se debe controlar y verificar que efectivamente se esté produciendo el resalto hidráulico a continuación de la Parshall y que se esté aplicando el químico en el sitio de mayor turbulencia, con el fin de lograr la efectiva dispersión del coagulante.

TABLA N° 13 ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE

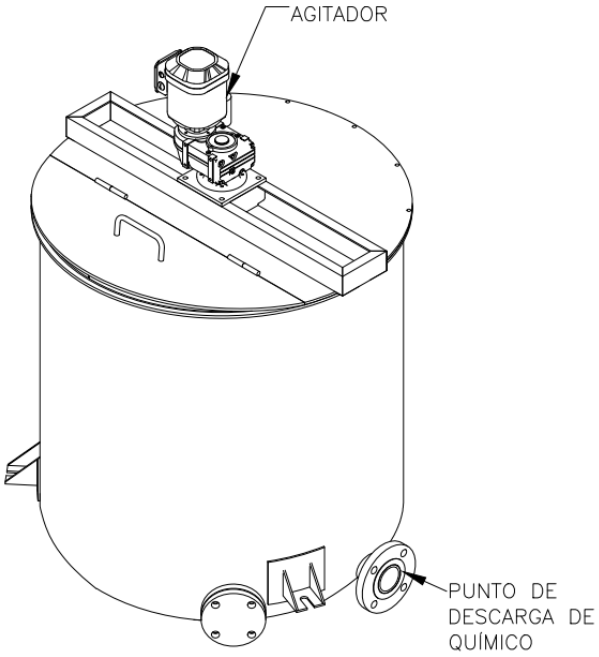
Actividad (responsable)	Frecuencia	Verificación y/o acción a tomar	Modelo de cálculo o referencia
Preparación (Operador)	Máximo 1 vez al mes (se debe tener capacidad de almacenamiento para 30 días)	Verificar los niveles del tanque de almacenamiento 350-TK-01 en el PLC. Conectar la manguera desde el carro tanque hasta el tanque Cargue de tanque 350-TK-01	Según la dosificación de entrega del proveedor.
Dosificación (Operador)	Dosificación discontinua, depende de los ensayos de jarras y calidad del agua cruda	Las bombas dosificadoras operan al mismo tiempo. Las bombas 350-P-01A, 300-P-01B y 300-P-01C, dosifica hacia el canal 100-CH-01A y el 100-CH-01B. Verificar el caudal de dosificación en el aforador volumétrico 800-VG-01 periódicamente, abriendo la válvula 800-HV-19	$q_{dos} = Q_{planta}*Dosis/C_{coag.}$

2.6.2 Polímero deshidratante

Se cuenta con dos tanques en PRFV en el laboratorio del edificio de operaciones, uno de ellos para la preparación y maduración del polímero (351-TK-01) y el segundo es el tanque dosificador (351-TK-02), cada uno con capacidad de 1000L.

Preparación: el operario debe abrir las válvulas de llenado del tanque y humectación del polímero en el embudo; llenar el tanque con agua hasta el nivel máximo, el agitador (351-MX-01) se debe encender entre 30-60 minutos para la preparación de la solución.

FIGURA N° 36 ISOMÉTRICO TANQUE DE PREPARACIÓN DE DESHIDRATANTE



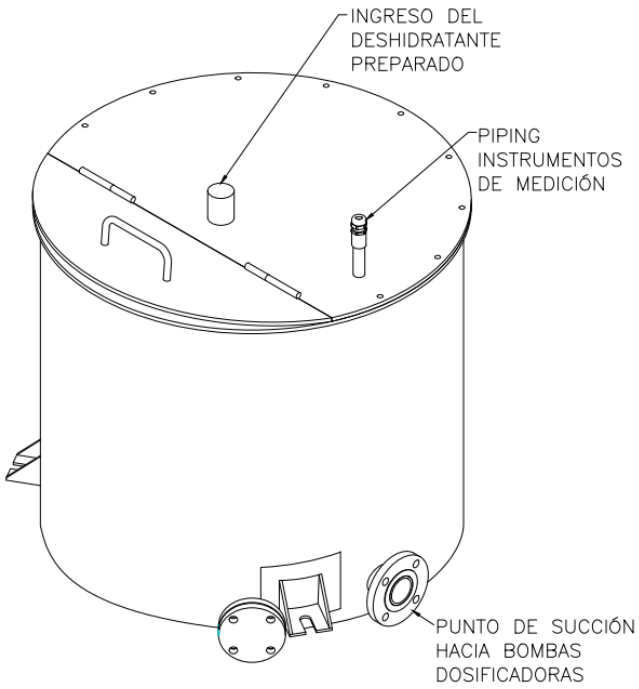
Fuente: Sanear S.A

Dosificación: desde el tanque de preparación se vierte la solución preparada de deshidratante hacia el tanque de dosificador, para luego por medio de 4 bombas dosificadoras 351-P-01A, 351-P-01B, 351-P-01C y 351-P-01D (3 en operación y 1 en stand by), llevar el polímero a su punto de aplicación que son los tanques acondicionadores de lodos (300-AC-01, 300-AC-02, 300-AC-03).

La dosificación es discontinua y se demora alrededor de 5 minutos dosificando un caudal de 1,68 m^3/h por bache, inyectando un total de 6,72 m^3/d a cada acondicionador para 4 baches, el tanque cuenta con sensores de nivel que emiten una alarma cuando el nivel del tanque es bajo, por lo cual el operario debe pasar la mezcla desde el tanque de preparación,

en caso de no realizarse el llenado se envía una señal para el apagado automático de las bombas dosificadoras.

FIGURA N° 37 ISOMÉTRICO TANQUE DOSIFICADOR DE DESHIDRATANTE



Fuente: Sanear S.A

TABLA N° 14 PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE DESHIDRATANTE

Actividad (responsable)	Frecuencia	Verificación y/o acción a tomar	Modelo de cálculo o referencia
Preparación (Operador)	Máximo 4 veces al día	Preparación manual. Verificar el nivel del tanque 351-TK-01 Abrir la válvula de agua 250-HV-29 y llenar el tanque hasta el nivel máximo indicado. Encender el agitador 351-MX-01 Adicionar polímero deshidratante en el embudo	$kg_{polímero} = C_{polímero} * V_{agua}$

		dosificador que se encuentra en el tanque. Agitar entre 30 - 60 minutos.	
Dosificación (Operador)	Reposición del tanque de dosificación: Máximo 4 veces al día Dosificación discontinua	Para cargar el tanque de dosificación 351-TK-02 sólo se debe abrir manualmente la válvula 351-HV-01, verificar el llenado de tanque con los sensores de nivel. Bomba dosificadora: 351-P-01A/B/C en operación: Abrir válvulas 351-HV-02, 351-HV-03, 351-HV-06, 351-HV-07, 351-HV-10, 351-HV-11, 351-HV-14. Abrir válvula 351-HV-15 para acondicionador 300-AC-01 Abrir válvula 351-HV-16 para acondicionador 300-AC-02 La bomba 351-P-01-D se contempla para una etapa posterior, para entrar en operación abrir las válvulas 351-HV-17, 351-HV-20 El acondicionador 300-AC-03 se contempla para una etapa posterior, para la inyección de polímero abrir válvula 351-HV-21 La dosificación es discontinua durante 5 minutos, un caudal de dosificación de 6,72m³/d a cada sedimentador por bache,	$q_{dos} = Q_{planta}*Dosis/C_{polímero}$

		se contemplan 4 baches por día.	

2.6.3 Hipoclorito de sodio

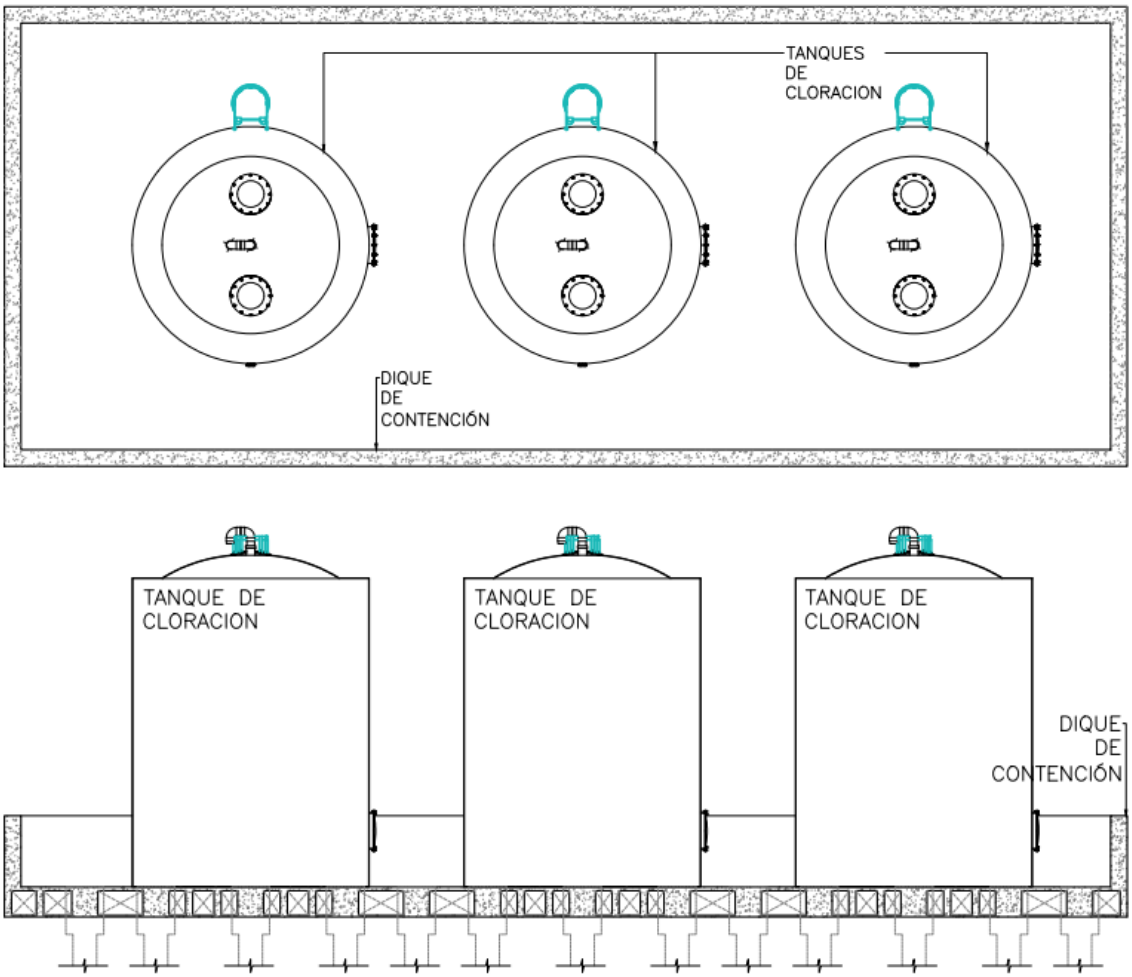
Para el proceso de desinfección se va a utilizar hipoclorito de sodio como desinfectante, el punto de aplicación se encuentra en los canales generales de aguas filtrada de los módulos de filtración, la dosificación se realiza de manera continua. Desde este punto el agua clorada sale hacia el tanque de contacto en los tanques de almacenamiento del Sector Curval, para garantizar el tiempo de contacto de 20 minutos.

El hipoclorito es generado en situ a partir de sal común y almacenado tres (3) tanques de cloro (352-TK-02A/B/C) con capacidad de 128m³ cada uno, estos tanques se encuentran dentro de un dique de contención.

A continuación, se presenta una descripción general para la preparación y dosificación del hipoclorito.

Generación in situ: teniendo como insumos agua y sal, en las celdas electrolíticas ubicadas en la caseta de cloro, se genera el hipoclorito de sodio el cual se almacena en los 3 tanques en PRFV.

FIGURA N° 38 VISTA EN PLANTA Y PERFIL TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CLORO



Fuente: Sanear S.A

Dosificación: el punto de dosificación del hipoclorito de sodio es en el canal general de aguas filtradas en cada módulo de 400L/s, se tiene 5 bombas dosificadoras 352-MP-01, 352-MP-02, 352-MP-03, 352-MP-04 y 352-MP-05, ubicadas dentro de la caseta de cloro (3 en operación y 2 en stand by).

TABLA N° 15 PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO

Actividad (responsable)	Frecuencia	Verificación y/o acción a tomar	Modelo de cálculo o referencia
Almacenamiento (Operador)	Diariamente se almacena hipoclorito de sodio generado in situ; cuando se llegue al nivel máximo de almacenamiento en los tanques 352-TK-02A/B/C, el sistema dejará de generar hipoclorito de sodio	Verificar el funcionamiento del SKID hipoclorinador, según las recomendaciones del proveedor Verificar el nivel de los tanques de almacenamiento 352-TK-02A/B/C	
Dosificación (Operador)	Continua	Las bombas dosificadoras. 352-MP-01, 352-MP-02, 352-MP-03, 352-MP-04 y 352-MP-05, 3 en operación y 2 en stand by, operan al mismo tiempo transportando hipoclorito desde la caseta de cloro hacia el canal de aguas filtradas de todos los módulos de filtración. Verificar el caudal de dosificación en el aforador volumétrico	$q_{dos} = Q_{planta}*Dosis/C_{hipoclorito}$